

**EVALUASI PROSES DI *UNIT PRILLING TOWER* SEBAGAI UPAYA
MENGURANGI EMISI DEBU UREA DI PABRIK
PUPUK KALTIM-1, 2 DAN 3
(Studi Kasus di PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk, Bontang)**



Tesis

Disusun oleh

**Heri Subagyo
L4K002024**

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2004

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI PROSES DI *UNIT PRILLING TOWER* SEBAGAI UPAYA MENGURANGI EMISI DEBU UREA DI PABRIK PUPUK KALTIM-1, 2 DAN 3 (Studi Kasus di PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk, Bontang)

Disusun oleh:

Heri Subagyo
NIM: L4K002024

Menyetujui dan mengesahkan

Penguji I

(Dr. Ir. Purwanto, DEA)

Penguji II

(Ir. Agus Hadiyanto, MT)

Mengetahui Komisi Pembimbing

Pembimbing I

(Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA)

Pembimbing II

(Ir. Danny Soetrisnanto, MEng.)



Mengetahui,
Ketua Program
Magister Ilmu Lingkungan,

Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES

UPT-PUSTAK-UNDIP

No. Daft.: 3558 / MIL / 01
Tgl.: 4/3 05

**EVALUASI PROSES DI UNIT PRILLING TOWER SEBAGAI UPAYA
MENGURANGI EMISI DEBU UREA DI PABRIK
PUPUK KALTIM-1, 2 DAN 3
(Studi Kasus di PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk, Bontang)**

Heri Subagyo
Program Magister Ilmu Lingkungan
Universitas Diponegoro

Abstrak

Debu urea yang keluar dari bagian atas Unit Prilling Tower Pabrik (UPT) Kaltim-1, Kaltim-2 dan Kaltim-3 PT. Pupuk Kalimantan Timur, Tbk, saat ini sudah mengganggu aktivitas pekerja dan menyebabkan kerusakan material di area PT Pupuk Kaltim, baik di lokasi pabrik, perkantoran, maupun lingkungan di sekitarnya, sehingga perlu adanya evaluasi proses di unit prilling tower sebagai upaya mengurangi emisi debu urea tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap timbulan debu urea dan membandingkan teknologi proses antara unit prilling tower pabrik Kaltim-1, 2 dan 3 untuk memperoleh informasi timbulan debu yang paling kecil.

Metode penelitian yang dilakukan yaitu kompilasi data primer dan sekunder, menentukan faktor-faktor yang berpengaruh, studi komparasi proses unit prilling tower pabrik Pupuk Kaltim-1, 2, 3 dan menentukan korelasi dari variabel berpengaruh yang bisa diambil data primer dan sekunder.

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap timbulan debu urea adalah tidak dipasang alat penangkap debu urea, flow udara pendingin, flow dan jumlah urea dari fluidized bed cooler (FBC) sebagai urea seeding, dust cyclone kotor, rate produksi, putaran prill bucket, konsentrasi UFC di dalam urea prill, belum ada prosedur pengendalian, level urea di FBC dan kondisi lingkungan (hujan dan udara lembab).

Unit prilling tower pabrik Kaltim-2 memberikan timbulan debu urea yang paling rendah, dikarenakan tidak menggunakan unit fluidisasi (fluidized bed cooler), jumlah debu urea sebagai urea seeding paling rendah, yaitu 10,4 kg/jam dan prilling tower paling tinggi, yaitu 80 meter.

Korelasi debu urea dengan rate produksi dan putaran prill bucket bersifat positif. Semakin tinggi rate produksi dan putaran prill bucket, semakin tinggi timbulan debu urea.

Rekomendasi untuk minimisasi timbulan debu urea untuk pabrik Kaltim-1 dengan pengurangan flow udara pendingin *prilling tower*, pengurangan flow udara fluidisasi, penambahan peralatan *chiller*, menjaga putaran prill bucket sesuai rate produksi. Pabrik Kaltim-2 dengan menjaga putaran prill bucket sesuai rate produksi dan pabrik Kaltim-3 dengan pengurangan flow udara pendingin *prilling tower*, pengurangan flow udara fluidisasi, penurunan temperatur udara fluidisasi, menjaga putaran prill bucket sesuai rate produksi

Kata kunci : Debu urea, Unit prilling tower, Prill bucket, Rate produksi, Fluidized bed cooler

PROCESS EVALUATION IN UNIT OF PRILLING TOWER AS EFFORT TO DECREASE EMISSION OF UREA DUST IN KALTIM-1, 2 AND 3 PLANT.

(Case Study in PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk, Bontang)

Heri Subagyo
Program of Magister Environmental Science.
University of Diponegoro.

Abstract

In this time, Urea dust from the top of Prilling Tower in Kaltim-1, Kaltim-2 and Kaltim-3 plant have bothered worker activities and cause damage of material in area of PT Pupuk Kaltim. The effect can happened in plant location and also in environmental around, so that need the existence of evaluation process in unit of prilling tower as effort to decrease emission of urea dust.

This research aim to determine factors having an effect on to arising urea dust and comparing process technology among unit of prilling tower of Kaltim-1,2 and 3 plant to get information of smallest urea dust.

Research method collect primary and secondary data, determining factors having an effect on, comparison of process technology on unit of prilling tower Kaltim-1,2,3 plant and determining the correlation of variables.

Factors having an effect on to arising urea dust are not installed dust scrubber, cooler air flow, amount and flow urea seeding from fluidized bed cooler (FBC), dust cyclone, production rate, rotation of prilling bucket, concentration of UFC in prill urea, there is no operation procedure, urea level in FBC and environmental condition (humid weather and rain).

Unit of prilling tower of Kaltim-2 plant gives lowest emission of urea dust, because it not use fluidization unit, amount of urea dust for urea seeding is lowest, that is 10,4 kg/hours and height of prilling tower is 80 meter.

The correlation of urea dust with production rate and rotation of prilling bucket have the character of positively. If production rate and rotation of prilling bucket are increase, urea dust is increase too.

Recommendation for minimize emission of urea dust from Kaltim-1 plant is reduction of cooler air flow, reduction of air flow of fluidization, addition of equipments (chiller), taking care of rotation of prilling bucket according to production rate. Kaltim-2 plant by taking care of rotation of prilling bucket according to production rate and Kaltim-3 plant by reduction of cooler air flow, reduction of air flow of fluidization, degradation of air temperature of fluidization, taking care of rotation of prilling bucket according to production rate.

Keywords : Urea dust, Unit of Prilling tower, Prilling bucket, Production rate, Fluidized bed cooler

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan Rahmat dan Karunia-NYA sehingga Tesis ini dapat disusun yang merupakan salah satu persyaratan untuk mencapai derajat Sarjana S-2 pada Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Dalam penyusunan tesis ini penulis mengambil judul **“Evaluasi Proses di Unit Prilling Tower sebagai upaya mengurangi emisi debu urea di pabrik Pupuk Kaltim-1, 2 dan 3 (Studi Kasus di PT. Pupuk Kalimantan Timur, Tbk)”**. Latar belakang pemilihan judul tersebut antara lain adalah sebagai upaya untuk mengurangi emisi debu urea dengan melakukan evaluasi proses, yaitu menentukan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap timbulan debu urea, komparasi teknologi proses dan menentukan korelasi variable yang berpengaruh terhadap debu. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dipakai panduan dalam mengoperasikan unit prilling tower, sehingga debu urea dapat diminimisasi.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran penyusunan tesis ini, diantaranya penulis tujukan kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Eko Budihardjo, MSc., Rektor Universitas Diponegoro Semarang
2. Bapak Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, Ketua Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang
3. Bapak Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA sebagai Dosen Pembimbing Pertama, atas bimbingan, masukan dan kritikan sehingga tesis ini bisa diselesaikan.
4. Bapak Ir. Danny Soetrisnanto, M.Eng sebagai Dosen Pembimbing kedua, atas bimbingan, masukan dan kritikan sehingga tesis ini bisa selesai.
5. Semua Dosen Magister Ilmu Lingkungan dan jajaran administrasinya Universitas Diponegoro Semarang
6. Dewan Direksi PT. Pupuk Kalimantan Timur, Tbk
7. Kepala Kompartemen Operasi PT. Pupuk Kalimantan Timur, Tbk.
8. Kepala Kompartemen SDM PT. Pupuk Kalimantan Timur, Tbk.
9. Ketua Umum Serikat Pekerja KKPKT
10. Kepala Departemen Operasi Kaltim-2, PT. Pupuk Kalimantan Timur, Tbk.

11. Semua pihak yang membantu penyelenggaraan program MIL UNDIP di Bontang, yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
12. Istriku tercinta Retno F dan anak-anakku tercinta Ririn dan Hana yang selalu setia menemani dan memberikan doa serta motivasi dalam setiap suka dan duka.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu kritik dan saran yang konstruktif sangat kami nantikan.

Demikian tesis ini dibuat, semoga bermanfaat bagi pencinta ilmu lingkungan.

Semarang, 4 September 2004
Penulis

Heri Subagyo
NIM : L4K002024

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I : PENDAHULUAN.....	
1.1. Latar Belakang Masalah ...	1
1.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Kegunaan Penelitian	4
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Rona Lingkungan.....	5
2.2. Proses pembuatan urea.....	7
2.3. Variabel-variabel proses di Unit Prilling Tower	10
2.4. Sumber dan Jenis Pencemaran Udara.....	14
2.5. Penyebaran Polutan Debu Urea	17
2.6. Prinsip Dasar Pengendalian Pencemaran Udara	20
2.7. Penentuan Faktor Berpengaruh	21
BAB III : METODE PENELITIAN	
3.1. Rancangan Penelitian	23
3.2. Ruang Lingkup	26
3.3. Lokasi Penelitian	26
3.4. Variabel Penelitian	26
3.5. Jenis dan Sumber data	26
3.6. Instrumen Penelitian	26
3.7. Teknik Pengumpulan Data	27
3.8. Teknik Analisis Data	27
BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Faktor-faktor yang berpengaruh	28
4.2 Komparasi Teknologi Proses.....	41
4.3 Kompilasi data debu urea	54
BAB V : SIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Simpulan	68
5.2 Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No	Nomor Tabel	Judul Tabel	Halaman
1	Tabel 2.1.	Komposisi udara di sekitar pabrik	7
2	Tabel 2.2.	Komposisi udara bersih	16
3	Tabel 2.3.	Kriteria udara tercemar	17
4	Tabel 2.4.	Baku mutu pabrik pupuk urea	17
5	Tabel 4.1.	Faktor-faktor yang berpengaruh.....	29
6	Tabel 4.2.	Perbandingan teknologi proses	48
7	Tabel 4.3.	Perbandingan spesifikasi peralatan	49
8	Tabel 4.4.	Data hasil analisa debu urea pabrik Kaltim-1	55
9	Tabel 4.5.	Data hasil analisa debu urea pabrik Kaltim-2	56
10	Tabel 4.5.	Data hasil analisa debu urea pabrik Kaltim-3	57

DAFTAR GAMBAR

No	Nomor Gambar	Judul Gambar	Halaman
1	Gambar 2.1.	Blok diagram proses pembuatan urea	13
2	Gambar 2.2.	Aliran proses unit prilling tower	14
3	Gambar 2.3.	Fish bone diagram	21
4	Gambar 2.4.	Diagram pohon	22
5	Gambar 2.5.	Diagram Matrik	22
6	Gambar 3.1.	Blok diagram penelitian	24
7	Gambar 4.1.	Diagram pohon pabrik Kaltim-1	35
8	Gambar 4.2.	Diagram pohon pabrik Kaltim-2	36
9	Gambar 4.3.	Diagram pohon pabrik Kaltim-3	37
10	Gambar 4.4.	Diagram matrik pabrik Kaltim-1	38
11	Gambar 4.5.	Diagram matrik pabrik Kaltim-2	39
12	Gambar 4.6.	Diagram matrik pabrik Kaltim-3	40
13	Gambar 4.7.	Aliran proses unit prilling tower pabrik Kaltim-1	43
14	Gambar 4.8.	Aliran proses unit prilling tower pabrik Kaltim-2	45
15	Gambar 4.9.	Aliran proses unit prilling tower pabrik Kaltim-3	47
16	Gambar 4.10.	Hubungan putaran prill bucket dengan rate produksi pabrik kaltim-1	59
17	Gambar 4.11.	Hubungan debu urea dengan rate produksi pabrik kaltim-1	59
18	Gambar 4.12.	Hubungan debu urea dengan putaran prill bucket pabrik kaltim-1	60
19	Gambar 4.13.	Hubungan debu urea dengan rate produksi dan putaran prill bucket pabrik kaltim-1	61
20	Gambar 4.14.	Hubungan putaran prill bucket dengan rate produksi pabrik kaltim-2	62
21	Gambar 4.15.	Hubungan debu urea dengan rate produksi pabrik kaltim-2	62
22	Gambar 4.16.	Hubungan debu urea dengan putaran prill bucket pabrik kaltim-2	63
23	Gambar 4.17.	Hubungan debu urea dengan rate produksi dan putaran prill bucket pabrik kaltim-2	64
24	Gambar 4.18.	Hubungan putaran prill bucket dengan rate produksi pabrik kaltim-3	64
25	Gambar 4.19.	Hubungan debu urea dengan rate produksi pabrik kaltim-3	65
26	Gambar 4.20.	Hubungan debu urea dengan putaran prill bucket pabrik kaltim-3	66
27	Gambar 4.21.	Hubungan debu urea dengan rate produksi dan putaran prill bucket pabrik kaltim-3	67

..... *Dan berbuatlah baik sebagaimana Allah berbuat baik kepadamu.
Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi.
Sesungguhnya Allah tidak mencintai orang-orang yang berbuat kerusakan.
(Al Qur'an Surat Al Qashash ayat: 77)*

Untuk:
Yang Maha Kuasa,
Bapak dan Ibu tercinta. Istriku Retno Febriaryanti,
Anak-anakku Ririn dan Hana
dan saudaraku semua.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk. merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang didirikan pada tanggal 7 Desember 1977 dengan tujuan utama untuk melaksanakan serta mendukung kebijakan Pemerintah dalam pengembangan industri dan ekonomi nasional, khususnya sektor industri pupuk dan industri kimia. Pada awalnya PT. Pupuk Kalimantan Timur diberi tugas untuk meneruskan pembangunan pabrik Amoniak dan Urea yang semula akan dibangun oleh Pertamina dengan rencana awal berada diatas dua kapal terapung yang digandengkan jadi satu dengan *offsite facilities*. Setelah meninjau dan menilai kembali studi pembangunan pabrik terapung ini akan mengalami kendala operasional maka diputuskan bahwa pembangunan proyek ini dilanjutkan sebagai pabrik di darat yang kemudian disebut sebagai pabrik Pupuk Kaltim-1. (A Challenging Journey PKT, 2002)

Pabrik PT Pupuk Kaltim Tbk. berlokasi di wilayah kota Bontang ± 122 Km sebelah utara Ibu Kota Propinsi Kalimantan Timur Samarinda, terletak pada 0-10'-46.9 Lintang Utara dan 117-29'-30.6 Bujur Timur menempati areal seluas 493 ha.

Industri ini mengoperasikan 3 unit pabrik amoniak dan 4 unit pabrik urea dengan total kapasitas produksi per tahun 1.320.000 ton amoniak dan 2.410.000 ton urea, dan sejak tahun 2003 yang lalu PT. Pupuk Kaltim mengoperasikan lagi satu unit pabrik amoniak dan urea atau pabrik Kaltim-4 sehingga kapasitas total menjadi 1.650.000 ton amoniak dan 3 juta ton urea setahunnya.

PT. Pupuk Kaltim Tbk. dalam upaya pengendalian dan pengelolaan lingkungan, mengendalikan mutu produksi dan pengelolaan Keselamatan & Kesehatan Kerja telah berhasil mendapatkan dan mempertahankan sertifikat ISO 14001 (untuk lingkungan) sejak tahun 1997, ISO 9002 (untuk mutu) dan bendera emas SMK3 (untuk K3).

Bahan baku yang dipakai untuk membuat pupuk urea adalah gas bumi, udara dan uap air. Gas bumi ini diperoleh dari perusahaan *contractor production sharing* di wilayah Tanjung Santan Kabupaten Kutai Kartanegara dialirkan melalui pipa di bawah tanah sepanjang 56 km ke PT. Pupuk Kaltim.

Pabrik Kaltim-1 yang dibangun adalah pabrik amoniak dengan kapasitas produksi 1.500 ton per hari. Sebanyak 1000 ton dipergunakan untuk bahan baku pabrik urea. Sedang pabrik ureanya sendiri mempunyai kapasitas produksi 1.725 ton per hari. Pabrik urea

dibangun dengan proses *Stamicarbon*, Belanda dan amoniak dengan proses *Lurgi*, German. Mulai tahun 1995 pabrik Kaltim-1 ditingkatkan kapasitasnya menjadi 1.800 ton per hari untuk pabrik amoniak dan 2.125 ton urea per hari termasuk 400 ton *urea melt* per hari untuk memenuhi kebutuhan pabrik Melamin.

Guna memenuhi kebutuhan penyediaan pupuk nasional maka pada tahun 1982 telah mulai dibangun pabrik Kaltim-2. Pabrik ini dirancang dengan kapasitas terpasang 1.500 ton amoniak per hari dan 1.725 ton pupuk urea per hari. Proses yang digunakan adalah proses *Kellog (USA) semi low enegy process* untuk pabrik amoniaknya, dan menggunakan proses *Stamicarbon (Belanda) CO2 stripping process* untuk pabrik ureanya. Kemudian dalam rangka pengembangan perusahaan didukung oleh tersedianya bahan baku gas bumi yang cukup melimpah di Kalimantan Timur maka pada tahun 1985 dibangun pabrik Kaltim-3 dengan kapasitas terpasang 1.000 ton amoniak perhari dan 1.725 ton urea per hari dengan proses *Topsoe (Denmark)* untuk pabrik amoniak dan proses *Stamicarbon* juga untuk pabrik ureanya.

Industri PT Pupuk Kaltim menggunakan teknologi tinggi dengan proses produksinya bersistem kontinyu., disamping menghasilkan urea sebagai produk utama, dalam operasinya akan mengeluarkan bahan-bahan ke lingkungan (emisi) dikarenakan efisiensi proses tidak mungkin tercapai 100%. Bahan tersebut baik langsung maupun tidak langsung akan mempunyai dampak terhadap lingkungan di sekitarnya. Bahan tersebut dapat berupa gas dan partikulat yaitu ammonia (NH_3), karbondioksida (CO_2) dan partikel debu urea, bahan cair berupa air hasil proses yang juga mengandung ammonia dan urea dan bahan padat yaitu urea itu sendiri.

Pabrik Pupuk Kaltim-1, 2, 3 memproduksi pupuk urea dalam bentuk butiran (*prill*), bahan baku dalam bentuk gas secara bertahap dirubah menjadi padat. Salah satu unit proses yang ada untuk membuat urea dalam bentuk butiran (padat) adalah Unit *Prilling Tower*. Lelehan urea dalam bentuk *droplet* atau tetesan mengalami proses pemadatan dari bagian atas prilling tower, secara berlawanan arah dialirkan udara dari bagian bawah. Sebagian kecil urea akan terbawa udara yang keluar dari bagian atas prilling tower tersebut.

Dengan pertimbangan bahwa di daerah Bontang pada awalnya merupakan daerah terpencil (*remote*) dimana sekelilingnya merupakan daerah hutan dan pantai dengan jumlah penduduk yang relatif sedikit, maka desain unit *prilling tower* tersebut belum dilengkapi dengan peralatan penangkap debu (*Absorber/Scrubber*) untuk mengurangi kandungan emisi debu urea yang keluar ke lingkungan. Pada awalnya hal tersebut diharapkan mampu

didukung oleh lingkungan alam sekitarnya dimana daya dukung lingkungan untuk menampung buangan debu urea dalam bentuk partikel tersebut diharapkan cukup tinggi, disamping urea sendiri merupakan pupuk bagi unsur hayati di lingkungan sekitar pabrik.

Adapun dampak negatif yang ditimbulkan oleh debu urea tersebut :

1. Dapat mempengaruhi kesehatan karyawan/pekerja dan masyarakat. (Mukono,1997:17)
2. Dapat menyebabkan korosi terhadap material metal/logam.
3. Memberikan citra negatif terhadap perusahaan.

Pada sisi yang lain debu urea tersebut merupakan bahan yang dapat di *recycle* untuk diolah kembali menjadi produk urea prill.

Seiring dengan makin ketatnya regulasi mengenai Nilai Ambang Batas (NAB) debu urea dan meningkatnya perkembangan lingkungan di sekitar wilayah pupuk kaltim yang ditandai dengan bertambahnya jumlah penduduk, peningkatan jumlah industri, maka akan mengurangi kawasan hijau, sehingga daya dukung lingkungan mulai menurun.

Berdasarkan hal tersebut diatas maka perlu dilakukan upaya-upaya untuk mengurangi debu urea yang keluar dari unit *prilling tower* pabrik Pupuk Kaltim-1, 2, 3, dalam hal ini akan dilakukan evaluasi proses di *unit prilling tower* dengan cara komparasi proses unit *prilling tower* dan menentukan hubungan faktor-faktor yang menentukan emisi debu urea.

1.2. Permasalahan

- a) Debu urea dari unit *prilling tower* pabrik Kaltim-1, 2 dan 3 dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan belum dilakukan upaya-upaya yang sistematis untuk minimisasi.
- b) Kondisi timbulan debu dari unit *prilling tower* berbeda-beda karena perbedaan teknologi proses

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

- a) Menentukan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap timbulan debu urea
- b) Membandingkan teknologi proses antara unit *prilling tower* pabrik Kaltim-1, 2 dan 3 untuk memperoleh informasi timbulan debu yang paling kecil.

1.4. Kegunaan Penelitian

Dari kedua tujuan diatas akan diperoleh rekomendasi dalam upaya mengurangi emisi debu urea dari *unit prilling tower*, dengan manfaat:

1. Sebagai dasar penentuan kebijakan dalam penanganan debu urea di unit prilling tower pabrik pupuk Kaltim-1, 2, 3 terutama dalam pemenuhan sasaran dan target yang tercantum di dalam standar manajemen lingkungan ISO-14001 di PT Pupuk Kaltim.
2. Manfaat secara umum adalah :
 - a) Meningkatkan efisiensi proses pabrik
 - b) Meningkatkan kualitas udara ambient disekitar Pupuk Kaltim
 - c) Memberikan citra yang baik bagi perusahaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rona Lingkungan

2.1.1. Fisiografi

Pabrik Pupuk Kaltim-1, 2 dan 3, PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk, terletak di Kota Bontang, Propinsi Kalimantan Timur. Sebagian besar daerah Bontang adalah daerah perbukitan yang tidak terlalu tinggi. Lokasi pabrik terletak di tepi pantai, lokasi ini merupakan daerah dataran. Daerah dataran terutama terletak di sepanjang pantai berjarak 1 km hingga 5 km dari tepi laut.

Pabrik dikelilingi di sebelah utara area pantai hutan bakau, sebelah timur pantai yang merupakan alur pelayaran, sebelah barat perkantoran dan sebelah selatan berbatasan dengan pemukiman penduduk. Terletak antara 117°21'-117°29' (BujurTimur) dan 0°01'-0°11' (Lintang Utara).

Penutup lokasi pabrik pada mulanya (sebelum dibangun) berupa hutan, dan saat ini di sekitar pabrik ditanami rumput, perdu, dan pada beberapa lokasi ditanami pohon tinggi sebagai peneduh. Serta pada sebagian lokasi yang lain ada sisa-sisa pohon bakau.

2.1.2. Iklim

Kota Bontang beriklim tropis mempunyai musim yang hampir sama dengan wilayah Indonesia pada umumnya, yaitu adanya musim kemarau dan musim penghujan. Musim kemarau biasanya terjadi pada bulan Mei sampai dengan bulan Oktober, sedang musim penghujan terjadi pada bulan Nopember sampai dengan bulan April. Keadaan ini terus berlangsung setiap tahun yang diselingi dengan musim peralihan pada bulan-bulan tertentu. Selain itu, karena letaknya di daerah khatulistiwa maka iklim di Kalimantan Timur juga dipengaruhi oleh angin Muson, yaitu angin muson barat Nopember-April dan angin muson timur bulan Mei sampai Oktober.

Suhu udara sepanjang tahun berkisar dari 19,20 °C sampai dengan 35,40 °C. Selain itu, sebagai daerah beriklim tropis mempunyai kelembaban udara relatif tinggi dengan rata-rata berkisar antara 83,81-86,17 persen.

Wilayah Bontang dilalui oleh garis katulistiwa dengan iklim tropika basah, yakni wilayah tropis beriklim panas namun memiliki curah hujan cukup tinggi, 2000-3000 mm/tahun yang terjadi antara bulan Oktober sampai April.

Keadaan angin yang dipantau di beberapa stasiun pengamat, menunjukkan bahwa kecepatan angin berkisar antara 1,27 sampai 5,92 knot.

2.1.3. Lingkungan Industri

Komplek Industri PT Pupuk Kaltim terdiri dari empat pabrik amoniak dan lima pabrik urea. Kapasitas total pabrik amoniak adalah 1.850.000 ton per tahun, sedangkan pabrik urea kapasitas totalnya adalah 3.000.000 ton per tahun. Bahan baku pabrik urea adalah karbondioksida dan amoniak. Kelebihan produk amoniak yang tidak digunakan sebagai bahan baku urea umumnya diekspor melalui kapal tanker, sebelum dikirim ke kapal amoniak tersebut disimpan dalam tanki penyimpanan amoniak (*ammonia storage*)

Unit *Ammonia Storage* di PT Pupuk Kaltim memiliki empat buah kompresor refrigerasi dan dua buah tanki penyimpanan amoniak cair, enam buah pompa loading ke kapal dan dua buah pompa transfer antar tanki dan ke unit lain. Disamping itu memiliki satu buah *incinerator* dan dua buah *loading arm*.

Komplek industri PT Pupuk Kaltim berlokasi di Bontang Kalimantan Timur, dimana di kompleks industri tersebut terdapat sejumlah industri yang lain yang terletak dalam satu kawasan, antara lain, Pabrik Melamin, Pabrik Methanol, Pabrik Amonium Bikarbonat, Pabrik Soda Ash, Pabrik Hexamin dan Pabrik Amoniak lainnya yaitu PT KPA dan PT KPI.

2.1.4. Kualitas udara

Kualitas udara hasil pengukuran bagian laboratorium PT. Pupuk Kaltim yang dilaksanakan pada tahun 2000 ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kualitas udara di sekitar pabrik

Parameter	Satuan	Dalam Ruangan	Di luar (up wind)	Di luar (down wind)	Baku mutu dlm ruangan #)	Baku mutu di luar *)
1. CO	ppm	Nil	Nil	1	-	20
2. SO ₂	ppm	5,0	4	4	5,2	0,1
3. NO _x	ppm	nil	nil	nil	5,6	0,005
4. NH ₃	ppm	nil	5	1	17	2
5. Debu	mg/m ³	njl	0,03	0,03	26	160
6. Kebisingan	dBA	80-85	87	87	85	60

Sumber : Hasil Analisa Laboratorium PT Pupuk Kaltim 2000

Keterangan: *) SK Gubernur Kalimantan Timur No339 tahun 1988

#) SE MENEKER NO.91 th 1997 & Kep.Men. Naker no.51 th 1999

Dari tabel diatas terlihat bahwa baku mutu untuk debu sebesar 160 mg/Nm³. Hasil analisa pengukuran diluar diperoleh 0,03 mg/Nm³, cukup sangat jauh dari NAB yang dipersyaratkan. Hasil pengukuran tersebut juga ditentukan jarak dari sumber. Semakin mendekati sumber, maka konsentrasi debu yang teranalisa juga semakin tinggi. Jika diasumsi nilai 160 mg/Nm³ tersebut keluar dari sumber, maka konsentrasi debu dari unit prilling tower pabrik Pupuk Kaltim-1, 2 dan 3 mendesak untuk dilakukan upaya minimisasi, terutama untuk pabrik Kaltim-1.

2.2. Proses pembuatan urea

Sebelum membahas evaluasi proses di unit prilling tower, lebih dulu perlu diketahui secara garis besar proses pembuatan pupuk urea.

Proses produksi urea di pabrik Pupuk Kaltim-1, 2, 3 menggunakan proses yang relatif sama yaitu lisensi proses dari *Stamicarbon* Belanda. Kapasitas desain masing-masing 1725 ton/hari. Proses ini terdiri atas beberapa tahapan penting yaitu :

1. Persiapan bahan baku
2. Sintesa urea
3. Resirkulasi
4. Evaporasi
5. Prilling
6. Waste water treatment (Pengolahan air limbah)

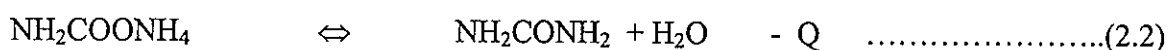
2.2.1. Persiapan bahan baku

Proses persiapan bahan baku terdiri atas :

- Kompresi gas umpan gas CO₂
- Penghilangan gas H₂ secara katalitik
- Umpan Amoniak (NH₃)

2.2.2. Sintesa urea

Urea dihasilkan dari reaksi amoniak cair dan gas CO₂ menurut persamaan reaksi sebagai berikut :



Kondisi reaksi :

- Tekanan : 145 kg/cm² (pabrik Pupuk Kaltim-2 dan 3).
- Tekanan : 190 kg/cm² (pabrik Pupuk Kaltim-1)
- Temperatur : 183 °C
- Konversi : sekitar 60%

Reaksi (1) adalah pembentukan *ammonium carbamate* yang berjalan cepat dan eksotermis, sedang reaksi (2) adalah pembentukan urea dan air yang berjalan lambat dan endotermis.

2.2.3. Resirkulasi

Larutan urea-karbamat (dengan konsentrasi urea 56 %) keluar dari unit sintesa diekspansikan sampai tekanan 4,2 kg/cm² abs sehingga sebagian dari karbamat terurai menjadi NH₃ dan CO₂, panas penguraiannya diambil dari dalam larutan itu sendiri sehingga temperatur larutan turun dari 165°C menjadi 113°C.

Larutan yang sebagian telah terurai karena penurunan tekanan selanjutnya *dispray* di top Rectifying column (di atas bed pall ring).

Larutan dari rectifying column masuk flash tank yang bertekanan vakum (0,45 kg/cm²). Karena adanya penurunan tekanan, maka terjadi flash sehingga sisa-sisa NH₃ dan CO₂ yang tidak terurai di rectifying column akan terurai di sini. Larutan yang keluar dari flash tank ini mengalir secara gravitasi ke urea storage tank. Larutan ini mengandung sekitar 75% urea, sisanya adalah air dan sedikit NH₃ dan CO₂.

2.2.4. Evaporasi

Larutan yang mengandung sekitar 75 % urea dari *Urea Solution Tank* dipompa ke *1st Stage Evaporation* yang beroperasi pada tekanan vakum ($0,35 \text{ kg/cm}^2$) dengan temperatur sekitar 135°C . Di *1st stage evaporator* ini uap air akan terpisah dari larutan. Selanjutnya larutan dari *1st stage evaporation* ini mengalir ke *2nd stage evaporation*. Aliran ini terjadi karena adanya perbedaan tekanan antara *1st* dan *2nd evaporation*. *2nd stage evaporation* ini juga dilengkapi dengan *heater*.

Tekanan di *2nd stage evaporation* adalah vakum ($0,03 \text{ kg/cm}^2$) dengan melalui tahap pemanasan sampai temperatur 140°C . Dengan adanya pemanasan ini, maka air yang terbawa dalam larutan akan menguap. Di *2nd evaporator* ini uap air akan terpisah dari larutan. Uap air ini kemudian didinginkan di *2nd stage evaporation condenser* untuk dikondensasi dan ditampung di *Ammonia Water Tank*, sebagai air hasil proses produksi.

Larutan yang keluar dari *2nd evaporator* berupa *urea melt* dengan konsentrasi sekitar 99 %, selanjutnya dipompa ke atas *prilling tower* untuk diprillkan.

2.2.5 Unit prilling tower

Unit prilling tower yang menjadi kajian pada penelitian ini dilengkapi dengan *Prill Bucket*, *ID Fan*, *Scraper*, *Fluidized Bed* dan *Belt Conveyor*, ditambah satu unit *Seeding System*.

Larutan *urea melt* dengan konsentrasi 99% dari *2nd evaporator* dipompakan melalui *Urea Melt Pump* ke atas menara dan masuk ke *prill bucket* yang berputar dan terletak di tengah dari menara tersebut. *Prill bucket* berbentuk kerucut disetiap sisinya dilengkapi dengan lubang-lubang dengan diameter 1.7 mm, sehingga urea yang keluar (akibat adanya gaya sentrifugal) dari *prill bucket* akan berupa tetesan yang disebut *prill* yang menyebar ke seluruh *prilling tower* dan turun ke bawah.

Di dalam *tower*, *prill* ini didinginkan oleh udara dari bagian bawah *tower* yang dihisap ke atas oleh *ID Fan* berjumlah 4 buah dengan kapasitas yang sama. Proses pendinginan tetesan urea mengalami 3 tahap, yaitu penurunan temperatur pada fase cair (perubahan panas sensible), perubahan fase dari cair menjadi padat (panas latent) dan penurunan temperatur *urea prill* pada fase padat. Tidak semua butiran urea akan mengalir kebawah, namun ada sebagian kecil, terutama yang ukurannya kecil (partikel debu) terbawa oleh udara pendingin keatas dan keluar ke lingkungan bersama udara.

Di lantai *prilling tower* urea ini di *scrap* oleh *scraper* menuju ke *funnel-funnel* yang selanjutnya ke *fluidized bed cooler* atau *belt conveyor* untuk diangkut ke gudang.

Untuk meningkatkan kualitas produk dengan memperkuat inti dari *urea prill*, disemprotkan urea yang dihaluskan di unit *seeding* menuju ke dalam *tower* dari bagian bawah. Debu urea ini bertemu dengan tetesan-tetesan urea sehingga terbentuk inti *urea prill* yang kuat. Untuk menghindari terjadinya penggumpalan (*caking*) dan menambah kekuatan (*crushing strength*) dari produk prill, maka diinjeksikan *Urea Formaldehyde Concentrate* (UFC) sebagai bahan additive di suction *urea melt pump*.

2.3. Variabel-variabel proses di unit *prilling tower*

Variabel atau faktor – faktor yang memungkinkan berpengaruh terhadap jumlah debu yang keluar dari unit *Prilling tower* adalah:

2.3.1. Putaran prill bucket

Proses pembentukan urea prill di pabrik Pupuk Kaltim-1, 2 dan 3 menggunakan putaran prill bucket. Alat ini berbentuk kerucut terbalik, dimana disetiap sisinya terdapat lubang dengan diameter sekitar 1.7 mm. Dengan memanfaatkan gaya sentrifugal akibat putaran tersebut, maka droplet urea akan terbentuk. Satu buah prill bucket terletak ditengah bagian atas *prilling tower*, sehingga droplet urea akan terdistribusi secara merata di sepanjang *prilling tower* tersebut.

Putaran prill bucket ini akan menentukan distribusi ukuran dari produk urea prill. Semakin tinggi putaran prill bucket pada flow lelehan urea yang sama, maka ukuran urea yang terbentuk juga semakin kecil, demikian sebaliknya. Dengan semakin kecilnya ukuran urea prill, maka secara teoritis jumlah debu yang terbawa aliran udara pendingin keluar dari prill tower semakin banyak/meningkat. Jumlah flow urea sebanding dengan putaran prill bucket agar didapatkan spesifikasi produk yang telah ditetapkan.

2.3.2. Rate produksi

Rate produksi atau jumlah flow lelehan urea ke unit *prilling tower* diperkirakan mempunyai pengaruh terhadap jumlah debu yang keluar dari unit *prilling tower* tersebut. Dengan semakin tingginya flow tersebut, maka jumlah tetesan urea juga semakin banyak dan tentunya kemungkinan partikel debu urea yang terbawa udara pendingin juga meningkat.

2.3.3. Penambahan/injeksi *Urea Formaldehyde Concentrate-85 (UFC)* di urea melt

Penambahan bahan UFC ke dalam produk urea prill dimaksudkan untuk meningkatkan kualitas urea prill, yaitu meningkatkan *Crushing strength* dan *Impact Strength*. *Crushing strength* adalah gaya dalam kg/cm² yang diperlukan untuk menekan butiran urea prill secara perlahan-lahan dengan kecepatan konstan sampai butiran urea prill tersebut pecah. *Impact strength* adalah mencerminkan kekuatan butiran urea prill untuk tetap utuh akibat adanya gaya dinamis yang dimiliki oleh butiran urea prill tersebut. Hasil analisa *impact strength* dinyatakan sebagai perbedaan prosentase prill yang masih utuh pada saat sebelum dan sesudah diuji. Uji *impact strength* dilakukan dengan meluncurkan butiran urea prill dengan udara dalam pipa pada kecepatan 21.2 m/s yang kemudian ditumbukkan pada stopper plate.

Crusing strength dan *impact strength* dapat di tingkatkan dengan penambahan bahan additive *formaldehyde (HCHO)* pada urea prill, tepatnya ditambahkan pada fase cair/lelehan sehingga pencampurannya akan lebih homogen. Konsentrasi UFC di produk urea prill sebesar 0.3%. (Gilbert dkk, 1985). Namun berdasarkan pengalaman di PT.Pupuk Kaltim, kandungan HCHO di dalam urea prill sebesar 0.15% - 0.25% sudah cukup untuk menjaga kekerasan urea prill tersebut.

Dari definisi di atas, dapat diketahui bahwa semakin tinggi penambahan UFC akan meningkatkan kekerasan sehingga proses pembentukan urea di dalam prilling tower maupun selama handling tidak banyak yang pecah (terbentuk debu urea), dengan demikian kandungan debu urea yang ke lingkungan diharapkan juga rendah.

2.3.4. Moisture content dan Temperatur

Moisture content atau kandungan air di dalam urea prill *fresh product* perlu dijaga maksimum 0.5% berat. Semakin tinggi kandungan air di dalam urea prill yang terbentuk akan menyebabkan *physical properties* urea prill menjadi semakin buruk (Gilbert dkk, 1985). Urea prill yang mempunyai kandungan air tinggi akan mudah pecah. Hal ini terjadi akibat banyaknya rongga/ruang pada butiran urea prill yang terisi air dan akan menjadi kosong setelah air yang didalamnya menguap.

Kandungan air di dalam urea prill dapat dijaga dengan mengatur kondisi operasi di seksi evaporasi dan mengatur temperature urea prill keluar prilling tower 10°C di atas

ambient temperature (Gilbert,dkk,1985). Urea prill dapat menyerap air selama proses pendinginan di prilling tower.

Temperature urea prill outlet prilling tower tidak boleh terlalu tinggi, karena hal ini akan mengakibatkan terjadinya penguapan air di dalam urea secara drastic dan ekstrim selama perjalanan di sepanjang Conveyor. Penguapan air yang terjadi secara drastis akan mengakibatkan urea prill menjadi rapuh dan mudah pecah menjadi debu. Temperatur urea prill product dapat diatur sekitar 10°C di atas temperatur udara lingkungan pada saat itu. Karena temperatur udara berubah-ubah, maka temperatur urea prill fresh produk sekitar $40 - 50^{\circ}\text{C}$.

2.3.5. Laju udara pendingin

Udara pendingin dialirkan dari bagian bawah prilling tower diisap oleh blower yang berjumlah 4 (buah) di bagian atas. Laju udara tersebut sudah tertentu sesuai desain kapasitas dari blower itu sendiri (tidak dikontrol). Semakin tinggi laju udara pendingin, maka jumlah debu yang terbawa ke lingkungan juga akan bertambah. Namun demikian karena sifat debu urea/urea hygroscopic sehingga mudah menggumpal, maka dicerobong bagian dalam akan terbentuk deposit/endapan debu yang akan mempengaruhi/menurunkan performance/kapasitas dari blower.

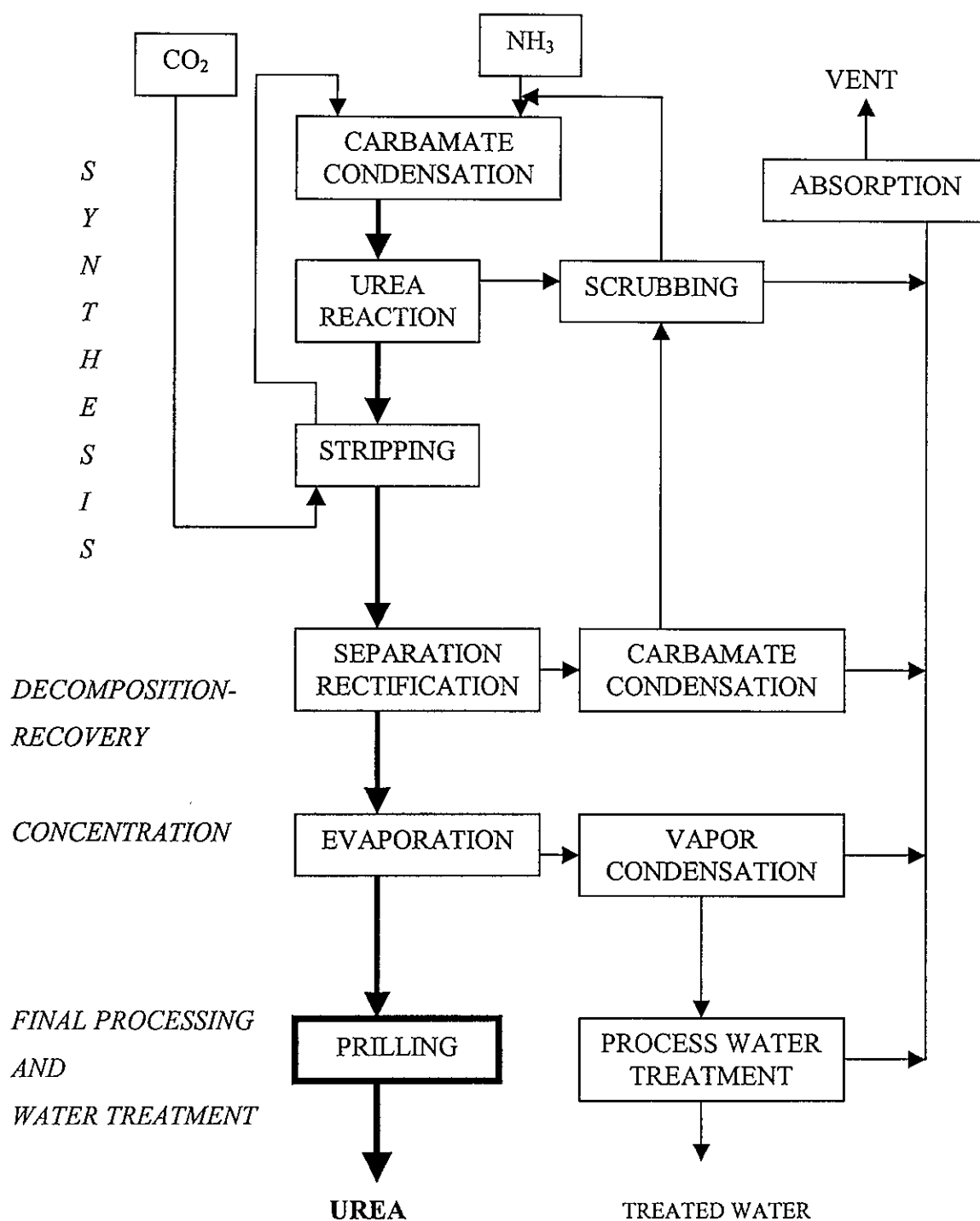
2.3.6. Seeding

Urea prill yang rapuh atau mudah pecah menyebabkan problem debu dan meningkatkan kecenderungan terjadinya *caking* di produk prill. Sehingga di upayakan produk prill dengan *impact strength* yang tinggi.

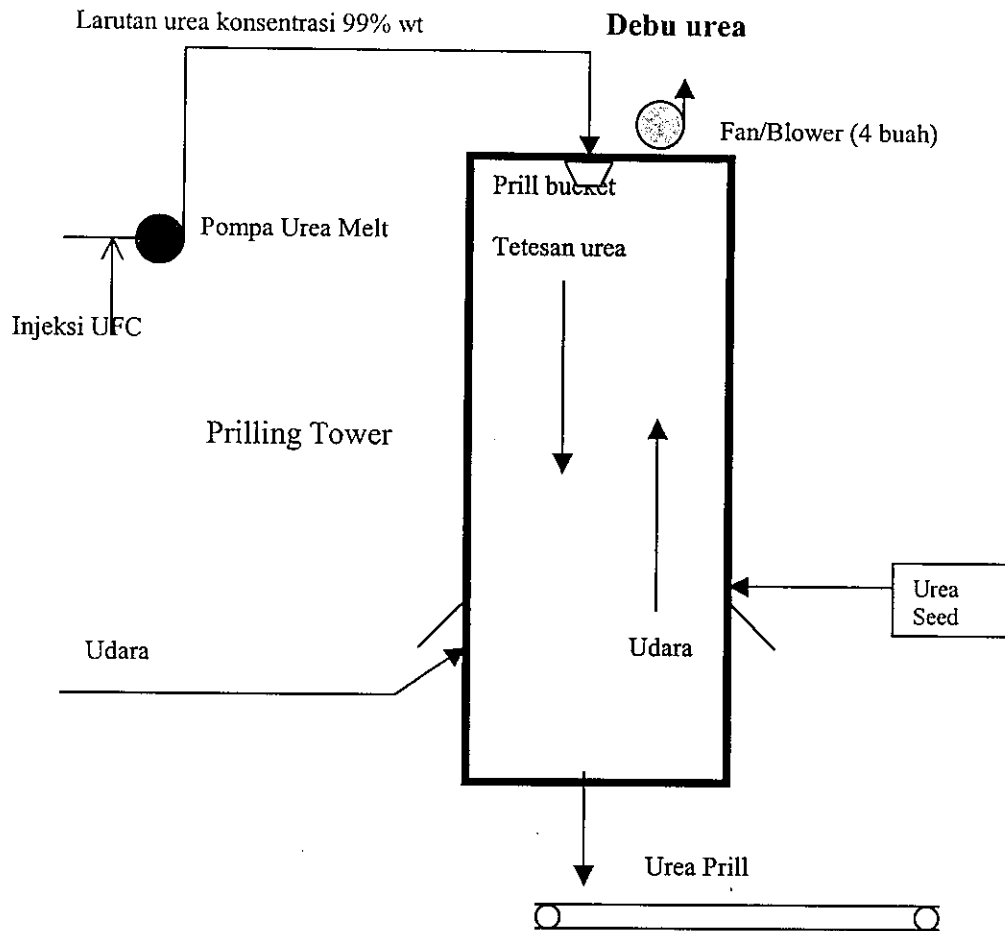
Selama tetesan urea jatuh dari atas prilling tower bias terjadi proses pendinginan yang berlebihan *supercooled*. Bilamana tetesan urea memadat dalam kondisi supercooled, maka kristal-kristal urea akan berbentuk dan mempunyai rorientasi yang sama. Butiran urea dengan struktur seperti ini akan mendapatkan impact strength yang rendah.

Proses pendinginan berlebih tersebut dapat dicegah dengan menerapkan *teknik seeding* dengan cara mengembalikan debu urea (kristal urea dengan ukuran kecil) ke dalam prilling tower. Debu urea tersebut akan bertemu dengan tetesan urea dan akan menjadi umpan terbentuknya padatan (kristalisasi). Selama proses ini satu tetesan urea akan ditumbuk oleh beberapa kristal seed, sehingga kristal urea prill yang terbentuk diharapkan

mempunyai ukuran dan orientasi yang tidak beraturan. Kondisi tersebut akan diperoleh prill dengan *impact resistance* yang tinggi (Stamicarbon, 1995)



Gambar 2.1. Blok diagram proses pembuatan urea



Gambar 2.2. Aliran proses di *unit prilling tower*

2.4. Sumber dan Jenis pencemaran udara

Pencemaran udara ditinjau dari asalnya dapat dibagi menjadi dua. Pertama, yaitu pencemaran udara yang diakibatkan oleh aktivitas alam seperti hembusan angin yang membuat debu beterbangan, letusan gunung berapi yang mengeluarkan gas dan debu ke udara, aroma yang dikeluarkan flora dan fauna, kebakaran hutan, serbuk sari dari bunga, pembusukan hewan, dan tumbuh-tumbuhan, radioaktivitas alam. Dalam beberapa kasus pencemaran alamiah ini berskala sangat besar seperti letusan gunung berapi yang sekali meletus bisa mengeluarkan jutaan ton gas dan debu ke udara, ataupun kebakaran hutan yang asapnya bisa menyebar menutupi suatu kawasan yang sangat luas. Pencemaran udara akibat aktivitas alam ini sangat sulit dikontrol oleh manusia, hanya kebakaran hutan saja yang bisa dikontrol.

Kedua, pencemaran udara yang diakibatkan oleh aktivitas manusia, seperti alat transportasi, pembangkit tenaga listrik non-PLTA, industri yang kesemuanya menghasilkan 5 macam polutan utama yang berbahaya yaitu partikulat, karbon monoksida, hidrokarbon, nitrogen oksida dan belerang oksida.

Pencemaran udara akibat aktivitas manusia sekarang ini sudah sangat berat. Sebagai contoh, diperkirakan polutan yang ditimbulkan oleh aktivitas manusia di Amerika Serikat saja dalam satu tahun sebesar 300 juta ton (bandingkan dengan polusi belerang dioksida akibat pembakaran bahan bakar di Indonesia sekitar 160.000 ton/th dari batubara dan 3500 ton/th dari bahan bakar minyak).

Sudah terbukti bahwa polutan udara bisa menimbulkan akibat negatif, antara lain berpengaruh terhadap kesehatan manusia seperti penyakit saluran pernafasan dan paru-paru, iritasi mata-kulit, alergi, dan lain-lainnya. Terhadap binatang selain pernafasan juga makanan seperti rumput. Terhadap tumbuh-tumbuhan, antara lain kerusakan hutan akibat hujan asam, rusaknya warna daun, bunga, buah dan sebagainya. Tidak bisa diabaikan adalah kerusakan material akibat korosi, perubahan warna, kotor akibat debu, berkurangnya jarak pandang dan lainnya. (Mukono HJ, 1997)

Secara garis besar ada dua macam zat pencemar di udara yang berasal dari emisi peralatan yang berkaitan dengan aktivitas manusia yaitu Gas dan Partikulat.

a. Gas

- Karbon Oksida: CO, CO₂
- Nitrogen Oksida: NO, NO₂, NO₃
- Amonia: NH₃

Beberapa jenis gas tersebut di atas mempunyai bau yang spesifik yang dapat dipakai sebagai indikator adanya pencemaran udara.

b. Partikulat

Partikulat dapat berbentuk zat padat atau cairan yang ukurannya lebih besar dari ukuran 1 molekul, tetapi kurang dari 1000 µm. Partikulat yang terdispersi di udara di sebut Aerosol. Debu adalah hasil pemecahan zat padat sehingga berukuran 1 sampai 200 µm. Asap adalah

padatan atau butiran cairan hasil pembakaran zat organik dan berukuran antara 0,01 sampai 1 μm , demikian halusnnya ukurannya sehingga bisa terdispersi cukup lama di udara.

Polutan gas dan partikulat dilihat dari sumbernya dapat dibagi menjadi dua. Pertama, sumber bergerak, misalnya alat transportasi seperti mobil, bis, truk, pesawat udara, kapal, kereta api, dimana gas asap sisa hasil pembakaran di buang langsung ke udara. Kedua, sumber tidak bergerak, yaitu industri/pabrik yang emisi polutannya sebagian besar dikeluarkan lewat cerobong asap, sebagian lagi lepas ke lingkungan karena operasi peralatan pabrik yang tidak sempurna, bocor atau terbuka sehingga gas/partikulat dapat lolos ke udara. (Davis & Cornwel,1991)

Debu urea merupakan emisi partikulat namun bukan berasal dari hasil pembakaran bahan bakar, sehingga komponen senyawa yang lepas ke lingkungan lebih spesifik yaitu terdiri dari urea (NH_2CONH_2) dan ammonia (NH_3) bebas ataupun ammonia hasil peruraian debu urea itu sendiri (Kellogg,1984)

2.5. Kualitas standar udara ambient, udara tercemar dan NAB

Kualitas udara standar/bersih ditunjukkan pada Tabel 2.2, sedangkan kriteria udara tercemar ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.2. Komposisi udara bersih dinyatakan dalam % volume dan ppm

Komponen	% vol	Ppm	Komponen	% vol	Ppm
N_2	78,084	780.840	N_2O	0,000025	0,25
O_2	20,946	209.460	H_2	0,00005	0,5
H_2O	0,1-5	$0,1-5 \times 10^4$	Xe	0,0000087	0,087
Ar	0,934	9.340	SO_2	0,00000002	0,0002
CO_2	0,0325	325	O_3	Trace	Trace
Ne	0,00182	18,2	NO_2	0,00001	0,1
He	0,000524	5,24	NH_3	0,000001	0,01
CH_4	0,000165	1,65	CO	0,00002	0,05-0,2
Kr	0,000114	1,14	I_2	Trace	Trace

Sumber : Kumar D. A, 1987; Seinfeld J.H, 1986.

Komposisi gas tersebut menggambarkan keadaan udara pada konsentrasi alaminya (*background concentration*) . Pada kondisi bersih ini, sebenarnya sudah terdapat beberapa gas yang dianggap sebagai polutan yaitu hidrokarbon (CH_4), oksida sulfur (SO_2), Ozon (O_3), oksida nitrogen (N_2O dan NO_2), oksida karbon (CO) serta amoniak (NH_3). Keberadaan gas secara alami tersebut diperkirakan berasal dari aktivitas biogenic dan vulkanik.

Tabel 2.3. Kriteria udara tercemar menurut WHO

No	Parameter	Nilai
1	Bahan partikel	0,07 – 0,7 mg/m ³
2	SO ₂	0,02 – 2 ppm
3	CO	5 200 ppm
4	NO ₂	0,02 – 0,1 ppm
5	CO ₂	350 – 700 ppm
6	Hidrokarbon	1 – 20 ppm

Sumber : Mukono H.J, 1997

Baku mutu untuk pabrik pupuk Urea sesuai Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor : KEP.13/MENLH/3/1995 tentang baku mutu sumber tidak bergerak ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Baku mutu pabrik pupuk urea

Sumber	Parameter	Baku mutu, mg/m ³	
		2000 - 2005	2005 keatas
Primary Reformer	Nitrogen Oksida (NO ₂)	1400	700
Prilling Tower	Total Partikel	500	250
	Amoniak (NH ₃)	500	300
Gas Turbin/WHB	Nitrogen Oksida (NO ₂)	175	125
Semua Sumber	Opasitas	40%	20%

Catatan: volume gas dalam keadaan standar (25°C dan tekanan 1 atm)

Sumber : KEP-13/MENLH/3/1995

2.5. Penyebaran polutan debu urea di atmosfer

Faktor-faktor yang mempengaruhi penyebaran polutan debu urea di atmosfer:

- Karakteristik dari sumber emisi
- Karakteristik urea
- Kondisi Meterologi

2.5.1. Karakteristik sumber emisi

Kebanyakan industri membuang effluent gas-partikulat secara vertical ke udara lewat cerobong asap. Saat aliran gas yang terkontaminasi polutan ini keluar dari ujung cerobong akan membentuk kolom asap (*plume rise*). Kolom asap ini cenderung untuk berekspansi dan

bercampur dengan udara ambient sehingga mengalami pengenceran. Adanya aliran udara horizontal/angin menekan kolom asap searah dengan arah angin. Pada jarak antara 300 s/d 3000 meter, *effluent plume* akan bergerak mendatar dan menyebar dan bergerak menurun mendekati permukaan bumi kembali. Dengan adanya pengenceran oleh udara sekitarnya, semakin jauh jarak sebarannya semakin rendah kadar polutan yang jatuh ke permukaan bumi.

Jarak ketinggian yang bisa dicapai oleh kolom asap (*plume rise*) dipengaruhi oleh kecepatan linier asap keluar cerobong dan suhu asap. Semakin besar kecepatan linier dan semakin tinggi suhu gas akan semakin tinggi pula *plume rise*-nya. Jarak vertikal *plume rise* dari mulut cerobong ditambah tingginya cerobong itu sendiri disebut tinggi cerobong efektif (*effective stack height*). Sehingga dengan semakin besar nilai tinggi cerobong efektif, akan semakin jauh dan luas jarak sebaran asap, semakin efektif proses dispersi polutannya, semakin rendah kadar polutan yang jatuh kembali ke permukaan bumi. (Davis & Cornwell, 1991)

Tetapi perlu diingat pula, bila semua kondisi tetap dan terjadi peningkatan kadar polutan didalam asap yang keluar cerobong, akan meningkatkan kadar polutan yang jatuh di suatu titik.

Semakin tinggi kecepatan angin, akan memperpendek *plume rise* yang akibatnya jarak sebaran akan semakin pendek sehingga cenderung meningkatkan kadar polutan yang jatuh dipermukaan bumi. Tetapi kemungkinan juga terjadi hal yang menguntungkan yaitu dengan semakin tingginya kecepatan angin akan meningkatkan proses pencampuran/dispersi/pengenceran polutan di udara ambient, sehingga dari kedua efek positif dan negatif tersebut mana yang dominan serta faktor pendukung lainnya seperti tidaknya inversi suhu akan menentukan pada jarak seberapa jauh konsentrasi polutan mencapai nilai maksimumnya.

2.5.2. Karakteristik Urea

Senyawa urea yang mempunyai rumus molekul NH_2CONH_2 , di pupuk Kaltim diproduksi dalam 3 bentuk yaitu : butiran (*Prill*), granul dan lelehan (*Melt*). Pabrik Pupuk Kaltim-1, 2, 3 menghasilkan urea dalam bentuk butiran padat (*prill*) dengan spesifikasi:

- Standard sieve no. 18 : 98 – 99 %berat
- Diameter butiran (D-50) : 1,7 mm
- Crushing strength : 18 kg/cm² (minimum)

- Temperature : 40 – 60 °C
- Moisture (H₂O) : maksimum 0,5% berat

Sifat-sifat Fisik dan Kimia urea:

- Kristal atau bubuk berwarna putih
- Sangat larut dalam air dan terurai menjadi amoniak dan CO₂.
- Bau menyerupai amoniak
- PH = 7,2 (10% dalam air)
- Titik leleh : 132 – 135 ° C
- Urea terdekomposisi dengan tambahan panas dan dapat membentuk hasil : *Ammonia, Nitrogen Oksida, Asam Cianuric, Asam Cianid, Biuret dan CO₂*.

(Yu Chao,1967)

2.5.3. Kondisi meteorologi

Kota Bontang beriklim tropis mempunyai musim yang hampir sama dengan wilayah Indonesia pada umumnya, yaitu adanya musim kemarau dan musim penghujan. Musim kemarau biasanya terjadi pada bulan Mei sampai dengan bulan Oktober, sedang musim penghujan terjadi pada bulan Nopember sampai dengan bulan April. Keadaan ini terus berlangsung setiap tahun yang diselingi dengan musim peralihan pada bulan-bulan tertentu. Selain itu, karena letaknya di daerah khatulistiwa maka iklim di Bontang juga dipengaruhi oleh angin Muson, yaitu angin Muson Barat Nopember – April dan angina muson Timur Mei – Oktober.

Suhu udara sepanjang tahun berkisar dari 19,20 °C sampai dengan 35,40 °C. Selain itu, sebagai daerah beriklim tropis mempunyai kelembaban udara relatif tinggi dengan rata-rata berkisar antara 83,81 – 86,17 persen.

Curah hujan di daerah Kalimantan Timur sangat beragam menurut bulan dan letak stasiun pengamat. Rata-rata curah hujan tertinggi selama tahun 2000 tercatat pada stasiun meteorologi Balikpapan sebesar 274,97 mm dan rata-rata curah hujan paling rendah tercatat pada stasiun Tanjung Redeb yang hanya mencapai 206,66 mm.

Keadaan angin di Kalimantan Timur pada tahun 2000 yang dipantau di beberapa stasiun pengamat, menunjukkan bahwa kecepatan angin berkisar antara 1,27 knot sampai 5,92 knot (BMG Samarinda, 2000)

2.6. Prinsip Dasar Pengendalian Pencemaran Udara

Dengan mengetahui jenis dan sumber zat-zat pencemar udara, maka dapat dilakukan dua tindakan untuk pengendalian pencemaran udara, yaitu di dalam dan di luar proses.

2.6.1. *Pengendalian di dalam proses*

1. Memperbaiki proses agar bahan yang diproses terisolasi dari lingkungan.
Semua proses diusahakan dijalankan secara tertutup sehingga kalau ada emisi gas dan partikulat bisa dilokalisir untuk selanjutnya dialirkan ke unit pengolahan gas buang.
2. Memperbaiki kondisi proses .
Suhu, tekanan, kecepatan alir, kecepatan putaran, konsentrasi, dan lainnya agar efisiensi proses meningkat yang akhirnya akan membuat gas dan partikulat yang terbangun bisa minimal.
3. Memperbaiki peralatan agar tidak terjadi kebocoran lingkungan, dengan cara merawat peralatan secara rutin dan teliti, contohnya kran-kran, *packing* pompa-kompressor-flange.
4. Pemasangan alat penangkap polutan pada aliran gas yang akan dibuang ke lingkungan contohnya *elektrostatic precipitator*, *cyclone*, *separator*, *absorbser*, katalitik konverter, *bag filter*, *incinerator*, *absorbser* karbon aktif, dan lain-lain.
5. Perancangan dan pemasangan cerobong yang sesuai dengan ketentuan dan dengan memperhatikan kondisi lingkungan.

2.6.2. *Pengendalian di luar proses*

Pemilihan lokasi pabrik yang tepat dengan memperhatikan lingkungan sekitar permukiman, daerah industri, dan jenis industri. Penanaman pohon tinggi di sekeliling pabrik dan pinggir jalan, pengaturan perbandingan yang memadai antara luas daerah hijau dan luasan daerah terpakai. Pohon-pohon ini dapat berfungsi sebagai *buffer*/penyangga agar pengaruh negatif emisi gas buang dapat ditekan karena dengan adanya pohon-pohon tersebut sebagian gas buang seperti karbon dioksida dapat terserap.

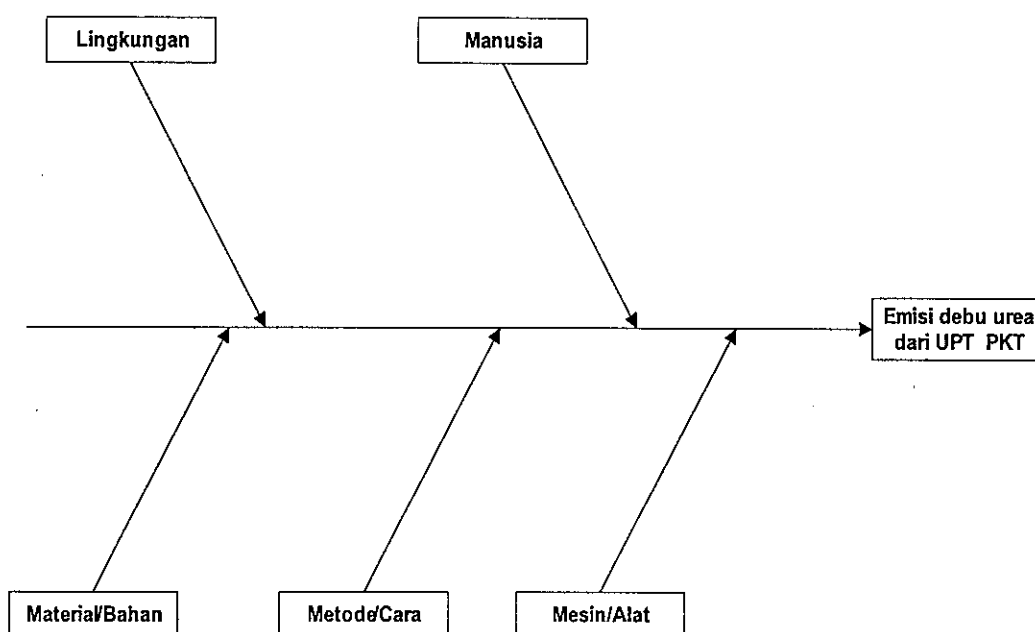
2.7. Penentuan faktor berpengaruh terhadap timbulan debu urea

Dari uraian proses pembentukan urea prill dari *unit prilling tower*, selanjutnya akan ditetapkan faktor yang berpengaruh terhadap debu urea. Faktor-faktor tersebut ditentukan menggunakan beberapa metode analisa, yaitu:

- *Fish Bone Diagram*, untuk menentukan faktor-faktor yang kemungkinan mempengaruhi jumlah debu dari unit prilling tower
- Diagram Pohon, untuk menentukan rencana tindakan sebagai upaya menurunkan kandungan debu
- *Matrik Diagram*, untuk menentukan faktor-faktor yang bisa dilaksanakan (skala prioritas)

(Chang RY dan Mattew, 1999)

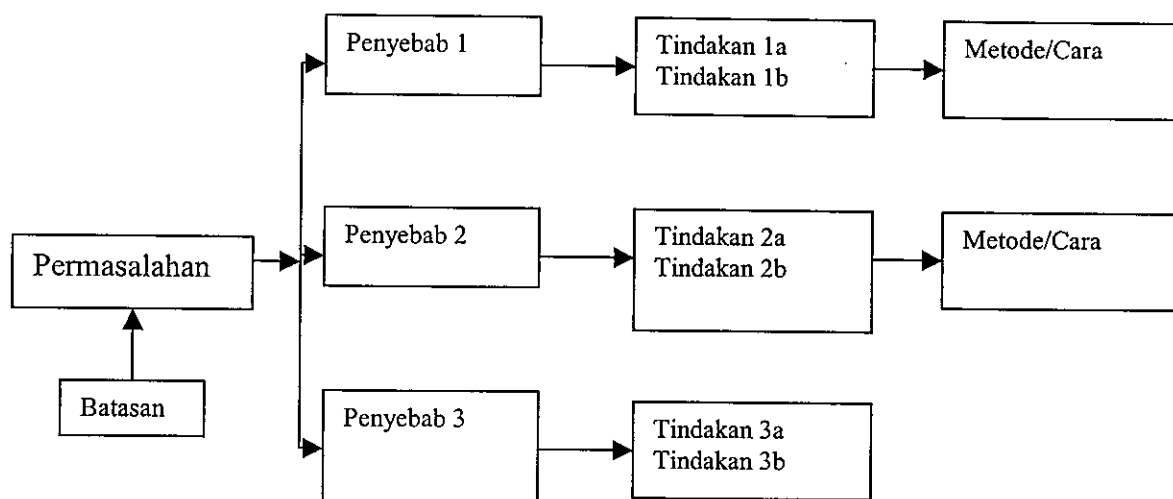
Penentuan variabel berpengaruh



Gambar 2.3.. *Fish bone diagram unit prilling tower*

Analisa penyebab masalah emisi debu urea dari UPT didekati dengan menggunakan fish bone diagram. Dari diagram tersebut terdapat 5 (lima) kemungkinan yang menyebabkan terjadinya emisi debu urea. Keenam kemungkinan tersebut dilakukan analisa dengan menggunakan

diagram pohon dan matrik diagram untuk menentukan variabel yang bisa dilakukan pengambilan data dengan pembatas kualitas produk.



Gambar 2.4.. Diagram pohon untuk menurunkan kandungan debu urea pabrik Kaltim-1, 2 dan 3.

Diagram diatas untuk menganalisa tindakan yang akan dilakukan dari beberapa kemungkinan penyebab dari permasalahan.

MATRIK DIAGRAM		EFFICACY	PRACTICABILITY	COST	TIME	value	RANK
No	Faktor penyebab						
1	Penyebab 1	2	5	5	5	17	1
2	Penyebab 2	2	3	5	5	15	2
3	dst.	5	2	1	1	8	6

Gambar 2.5. Diagram Matrik

Keterangan: Nilai range pembobotan 1 – 5. Angka besar mempunyai bobot yang tinggi

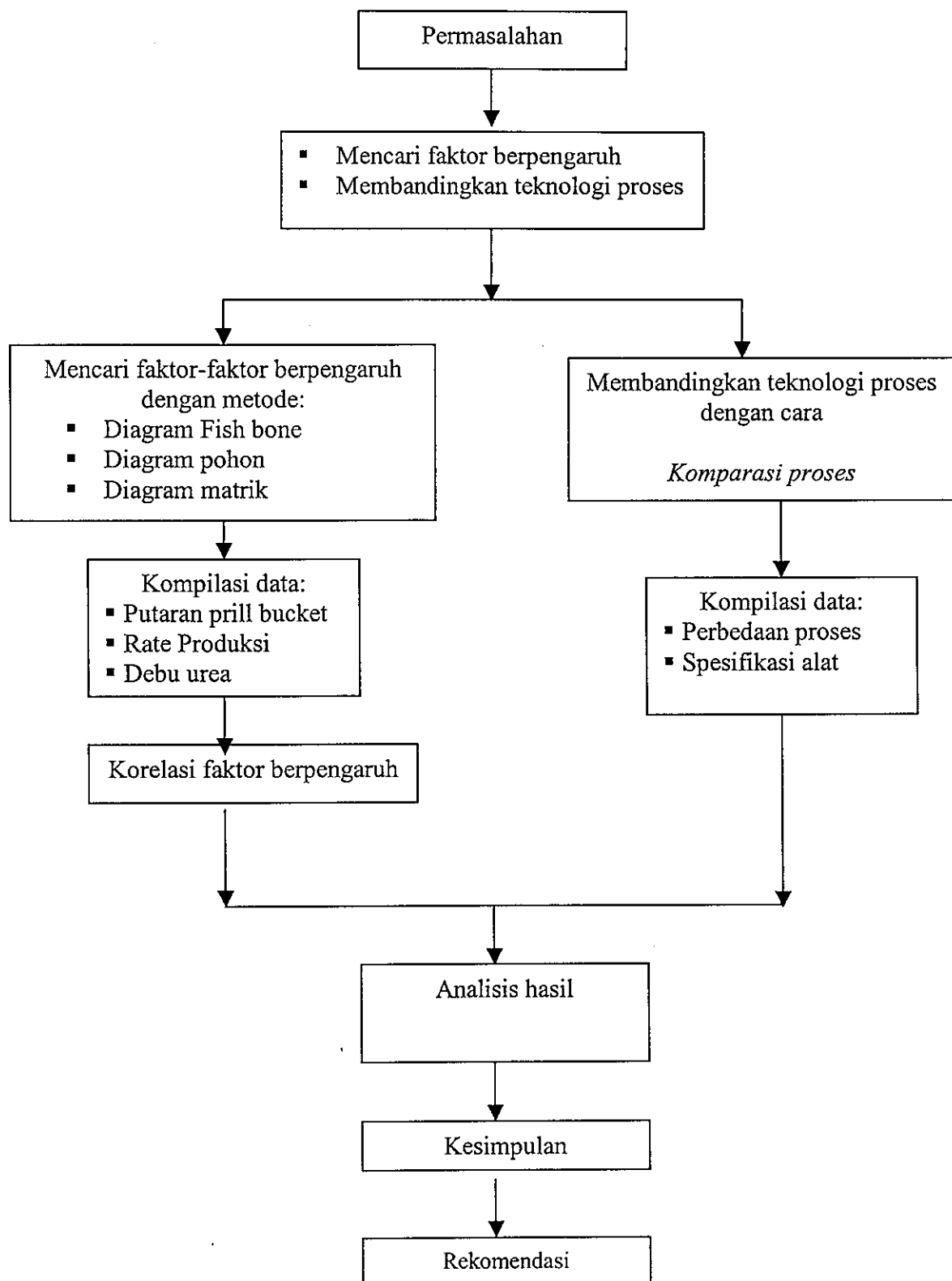
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan penelitian

Penelitian yang akan dilakukan merupakan jenis penelitian Kuantitatif korelasi, dimulai dengan melakukan kompilasi data primer dan sekunder, studi komparasi proses *Unit Prilling Tower* Pabrik Pupuk Kaltim-1, 2, 3, kemudian dilanjutkan dengan menentukan faktor-faktor yang berpengaruh dan menentukan variabel yang bisa diambil data primer dan sekunder untuk dilakukan korelasi, sehingga didapatkan sebuah rekomendasi dan panduan dalam upaya mengurangi emisi debu urea dari unit tersebut.

Kerangka analisis dilakukan agar langkah-langkah penelitian dapat dilakukan secara tepat dan runtut. Pendekatan yang dilakukan dalam menyusun langkah-langkah penelitian dapat disampaikan dalam bentuk blok diagram ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1. Blok diagram pendekatan penelitian

Uraian pendekatan penelitian:

3.1.1. Kompilasi data

- a) Kompilasi data untuk menentukan faktor yang berpengaruh berasal dari data sekunder
- b) Kompilasi data sebagai dasar komparasi proses merupakan data primer dan sekunder

3.1.1 Komparasi proses

Pada tahap ini akan dilakukan analisis proses di *unit prilling tower* pabrik Pupuk Kaltim-1, 2, 3, sehingga akan diketahui perbedaan dan kesamaan proses yang ada hubungannya dengan emisi debu urea yang dihasilkan.

3.1.2 Penentuan faktor yang berpengaruh terhadap emisi debu urea

Penentuan faktor yang berpengaruh ini dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap emisi debu urea. Faktor-faktor tersebut selanjutnya akan ditentukan korelasi dengan emisi debu urea. Faktor tersebut adalah sebagai variable bebas, dengan batasan yang lain yaitu kualitas urea prill (produk) tetap memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan.

3.1.3 Analisis hasil

Analisis hasil yang dilakukan yaitu:

- a) Menganalisa faktor-faktor yang berpengaruh terhadap timbulan debu
- b) Menganalisa teknologi proses yang berhubungan dengan imbulan debu dari unit prilling tower pabrik Kaltim-1, 2 dan 3.

3.1.4 Rekomendasi

Rekomendasi untuk mengurangi timbulan debu dari unit prilling tower dalam bentuk:

- a) Perbaikan dari faktor-faktor yang berpengaruh
- b) Panduan operasional
- c) Penambahan peralatan

3.2. Ruang lingkup penelitian

Ruang lingkup penelitian ini mengacu kepada tujuan penelitian seperti dalam pendahuluan dengan hanya menekankan aspek teknis.

3.2.1 Materi/parameter yang diteliti

- a) Uraian proses di unit prilling tower masing-masing pabrik
- b) Spesifikasi peralatan
- c) Pengambilan data kondisi proses

3.3 Lokasi penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di pabrik Pupuk Kaltim-1, 2, 3, PT. Pupuk Kalimantan Timur, Tbk, Bontang dengan alasan:

- a) Pabrik pupuk Kaltim 1, 2, 3 belum dilengkapi peralatan penangkap debu urea di *unit prilling tower*-nya.
- b) Belum ada penelitian dalam rangka menurunkan emisi debu urea tersebut, khususnya dari segi pengendalian di dalam proses.

3.4 Variabel penelitian

Dari kondisi proses di *unit prilling tower*, dilakukan pengambilan data dan evaluasi yang mempunyai potensi pengaruh terhadap jumlah/kandungan emisi debu urea, yaitu:

- a) Putaran prill bucket
- b) Rate produksi/laju aliran urea melt
- c) Kandungan debu urea

3.5. Jenis dan Sumber data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini, meliputi:

- a) Konsentrasi debu urea didapat dari analisa laboratorium
- b) Putaran prill bucket didapat dari alat ukur online
- c) Rate produksi pabrik didapat dari alat ukur online

3.6. Instrumen penelitian

Peralatan yang dipakai untuk mendapatkan data:

- a) Peralatan sampling debu urea
- b) Alat ukur produksi Urea. Alat ukur ini sudah melekat pada proses produksi urea, berupa indikasi aliran (FI dan FIC), *weight scale*
- c) Peralatan sampling urea prill
- d) Alat ukur putaran prill bucket

Metode prosedur sampling terlampir.

3.7. Teknik pengumpulan data

Cara pengumpulan data yang dilakukan untuk mendapatkan data sekunder meliputi:

- a) Data untuk komparasi proses diperoleh dari data manufaktur dan lisensor proses.
- b) Teknik observasi, dimana mengumpulkan data sekunder, seperti:
 - o Laporan analisa debu urea
 - o Laporan kualitas produk urea
 - o Laporan kondisi operasi
- c) Studi pustaka, sumber data yang diperoleh melalui studi kepustakaan dengan mempelajari literatur dan melalui tulisan ilmiah yang terkait dengan obyek penelitian dan permasalahan.

3.8. Teknik analisis data

Data yang telah diambil masih dalam data mentah yang akan dipakai sebagai dasar evaluasi dan analisis. Metode yang digunakan dalam melakukan evaluasi dan analisis adalah:

- a) Komparatif, yaitu dengan membandingkan antara satu data proses dengan data proses yang lain.
- b) Model deterministik, yaitu untuk menggambarkan keadaan atau hubungan satu variable data dengan variable data lainnya dengan metode sintesis (Sumarno, 2003)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap timbulan debu urea

Penentuan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap timbulan emisi debu urea ditentukan dengan menggunakan metode analisa:

- *Fish Bone Diagram*, untuk menentukan penyebab atau faktor-faktor yang mempengaruhi debu dari unit prilling tower
- Diagram Pohon, untuk menentukan rencana tindakan dan cara atau metode untuk mengurangi emisi debu
- *Matrik Diagram*, untuk menentukan faktor-faktor yang bisa dilaksanakan pengambilan data, dengan mempertimbangkan kondisi proses.

Penentuan penyebab atau faktor-faktor yang mempengaruhi timbulan debu urea dari unit prilling tower pabrik Kaltim-1, 2 dan 3 digunakan diagram *fish bone*, dimana penyebab atau factor yang berpengaruh dapat dikelompokkan di dalam 6 kategori, yaitu : Faktor alat, metode, manusia lingkungan waktu dan biaya. Faktor-faktor tersebut selanjutnya dijabarkan ke dalam bentuk tabel ditunjukkan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1. Faktor-faktor yang mempengaruhi timbunan debu urea unit prilling tower pabrik Kaltim-1, 2 dan 3.

Faktor Pabrik	Alat/Mesin	Metode/Cara	Manusia	Lingkungan	Material/Bahan
Kaltim-1	<ul style="list-style-type: none"> ○ Tidak ada alat penangkap debu ○ Aliran udara pend. tinggi ○ Aliran udara seeding tinggi ○ Cyclone kotor ○ Level urea FBC tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Rate produksi ○ Putaran prill bucket ○ Kandungan UFC ○ Prosedur blm ada 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Kurang konsisten 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hujan ○ Udara lembab 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Higroskopis
Kaltim-2	<ul style="list-style-type: none"> ○ Tidak ada alat penangkap debu ○ Aliran udara pend. tinggi ○ Aliran udara seeding tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Rate produksi ○ Putaran prill bucket ○ Kandungan UFC ○ Prosedur blm ada 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Kurang konsisten 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hujan ○ Udara lembab 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Higroskopis
Kaltim-3	<ul style="list-style-type: none"> ○ Tidak ada alat penangkap debu ○ Aliran udara pend. tinggi ○ Aliran udara seeding tinggi ○ Cyclone kotor ○ Level urea FBC tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Rate produksi ○ Putaran prill bucket ○ Kandungan UFC ○ Prosedur blm ada 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Kurang konsisten 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hujan ○ Udara lembab 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Higroskopis

Dari faktor-faktor yang memungkinkan berpengaruh terhadap timbunan debu urea tersebut dapat dilakukan analisa sebagai berikut:

Pabrik Kaltim-1

a) Tidak dipasang alat penangkap debu urea

Proses urea dalam bentuk butiran yang dilakukan di unit prilling tower akan menghasilkan timbunan debu urea yang lepas ke lingkungan. Timbunan tersebut terjadi karena proses pembekuan/pemadatan butiran urea dilakukan dengan pendingin udara yang dialirkan secara vertikal dan berlawanan arah (udara pendingin dari bawah dan butiran urea dari atas). Udara pendingin setelah mengambil panas akan dilepaskan kembali ke lingkungan dengan juga membawa urea dalam ukuran kecil/debu urea ($<20\mu\text{m}$). Dengan tidak adanya alat penangkap debu jelas bahwa debu urea akan langsung lepas ke lingkungan tanpa bisa dikendalikan.

b) Udara pendingin

Udara pendingin akan berpengaruh terhadap timbunan debu urea. Semakin tinggi flow udara pendingin, maka proses pembekuan butiran urea semakin baik, tetapi timbunan debu urea juga akan meningkat, karena masa udara yang akan mengambil panas juga bertambah, sehingga akan meningkatkan jumlah butiran debu urea yang akan terbawa udara pendingin.

c) Flow udara seeding

Udara seeding (udara yang mengandung debu urea) yang dimasukkan ke bagian bawah prilling tower akan mempengaruhi debu urea, karena tidak semua urea seeding tersebut akan bertemu dengan tetesan urea. Semakin tinggi flow dan konsentrasi urea seeding maka akan meningkatkan debu urea.

d) Cyclone kotor

Cyclone berfungsi memisahkan debu urea dari unit fluidisasi. Debu urea dengan ukuran besar ($>20\mu\text{m}$) akan turun dan yang berukuran $<20\mu\text{m}$ naik keatas dan dikembalikan ke prilling tower sebagai urea seeding. Dikarenakan salah satu sifat urea mudah menyerap air (higroskopis), maka bagian bawah cyclone akan mengalami penyumbatan dikarenakan terbentuk gumpalan urea, sehingga akan mempengaruhi performance dari cyclone. Penyumbatan bagian bawah cyclone akan berdampak meningkatnya debu urea yang keluar lewat bagian atas dan masuk ke prilling tower.

e) Level urea di FBC

Level urea di FBC akan menyebabkan waktu tinggal berbeda artinya jika level tinggi maka tumpukan urea yang akan terfluidisasi semakin banyak dan debu urea yang akan keluar bersama udara fluidisasi juga akan meningkat.

f) Rate produksi

Rate produksi akan menentukan jumlah dari lelehan urea yang masuk ke prilling bucket. Semakin besar flow yang masuk ke prilling bucket maka jumlah dari butiran debu yang terbentuk juga semakin banyak. Semakin banyak butiran urea terbentuk maka debu/butiran ukuran kecil yang akan terbawa udara juga akan meningkat.

g) Putaran prilling bucket

Putaran prilling bucket akan menentukan besar dan kecilnya ukuran butiran urea. Semakin tinggi putaran, maka gaya sentrifugal juga semakin besar sehingga butiran urea yang terbentuk semakin kecil. Jumlah debu urea akan meningkat.

h) Kandungan UFC di butiran urea

UFC ditambahkan kedalam lelehan urea dimaksudkan untuk menambah kekuatan dari butiran urea tersebut sehingga tidak mudah pecah. Semakin rendah kandungan UFC di urea prill maka butiran menjadi rapuh, sehingga akan menambah debu urea yang terikut udara pendingin.

i) Prosedur/Cara

Prosedur dalam hal pengendalian debu urea sampai saat ini belum ada, sehingga dari data terlihat bahwa range debu urea terendah dan tertinggi cukup besar

j) Hujan dan udara lembab

Faktor hujan dan udara lembab ini dapat mempengaruhi proses pembentukan urea prill. Jika udara pendingin lembab maka butiran urea yang terbentuk akan mengandung lebih banyak air, sehingga mengurangi kekuatan urea prill (rapuh). Apabila kekuatannya berkurang/banyak yang butiran yang pecah, maka debu urea yang terbentuk juga bertambah.

Pabrik Kaltim-2

a). Tidak dipasang alat penangkap debu urea

Proses urea dalam bentuk butiran yang dilakukan di unit prilling tower akan menghasilkan timbulan debu urea yang lepas ke lingkungan. Timbulan tersebut terjadi karena proses pembekuan/pemadatan butiran urea dilakukan dengan pendingin udara yang dialirkan secara vertikal dan berlawanan arah (udara pendingin dari bawah dan butiran urea dari atas). Udara pendingin setelah mengambil panas akan dilepaskan kembali ke lingkungan dengan juga membawa urea dalam ukuran kecil/debu urea ($<20\mu\text{m}$). Dengan tidak adanya alat penangkap debu jelas bahwa debu urea akan langsung lepas ke lingkungan tanpa bisa dikendalikan.

b). Udara pendingin

Udara pendingin akan berpengaruh terhadap timbulan debu urea. Semakin tinggi flow udara pendingin, maka proses pembekuan butiran urea semakin baik, tetapi timbulan debu urea juga akan meningkat, karena masa udara yang akan mengambil panas juga bertambah, sehingga akan meningkatkan jumlah butiran debu urea yang akan terbawa udara pendingin.

c). Flow udara seeding

Udara seeding (udara yang mengandung debu urea) yang dimasukkan ke bagian bawah prilling tower akan mempengaruhi debu urea, karena tidak semua urea seeding tersebut

akan bertemu dengan tetesan urea. Semakin tinggi flow dan konsentrasi urea seeding maka akan meningkatkan debu urea.

d). Rate produksi

Rate produksi akan menentukan jumlah dari lelehan urea yang masuk ke prilling bucket. Semakin besar flow yang masuk ke prilling bucket maka jumlah dari butiran debu yang terbentuk juga semakin banyak. Semakin banyak butiran urea terbentuk maka debu/butiran ukuran kecil yang akan terbawa udara juga akan meningkat.

e). Putaran prilling bucket

Putaran prilling bucket akan menentukan besar dan kecilnya ukuran butiran urea. Semakin tinggi putaran, maka gaya sentrifugal juga semakin besar sehingga butiran urea yang terbentuk semakin kecil. Jumlah debu urea akan meningkat.

f). Kandungan UFC di butiran urea

UFC ditambahkan kedalam lelehan urea dimaksudkan untuk menambah kekuatan dari butiran urea tersebut sehingga tidak mudah pecah. Semakin rendah kandungan UFC di urea prill maka butiran menjadi rapuh, sehingga akan menambah debu urea yang terikut udara pendingin.

g). Prosedur/Cara

Prosedur dalam hal pengendalian debu urea sampai saat ini belum ada, sehingga dari data terlihat bahwa range debu urea terendah dan tertinggi cukup besar

h). Hujan dan udara lembab

Faktor hujan dan udara lembab ini dapat mempengaruhi proses pembentukan urea prill. Jika udara pendingin lembab maka butiran urea yang terbentuk akan mengandung lebih banyak air, sehingga mengurangi kekuatan urea prill (rapuh). Apabila kekuatannya berkurang/banyak yang butiran yang pecah, maka debu urea yang terbentuk juga bertambah.

Pabrik Kaltim-3

a). Tidak dipasang alat penangkap debu urea

Proses urea dalam bentuk butiran yang dilakukan di unit prilling tower akan menghasilkan timbunan debu urea yang lepas ke lingkungan. Timbunan tersebut terjadi karena proses pembekuan/pemadatan butiran urea dilakukan dengan pendingin udara yang dialirkan secara vertikal dan berlawanan arah (udara pendingin dari bawah dan butiran urea dari atas). Udara pendingin setelah mengambil panas akan dilepaskan kembali ke

lingkungan dengan juga membawa urea dalam ukuran kecil/debu urea ($<20\mu\text{m}$). Dengan tidak adanya alat penangkap debu jelas bahwa debu urea akan langsung lepas ke lingkungan tanpa bisa dikendalikan.

b). Udara pendingin

Udara pendingin akan berpengaruh terhadap timbunan debu urea. Semakin tinggi flow udara pendingin, maka proses pembekuan butiran urea semakin baik, tetapi timbunan debu urea juga akan meningkat, karena masa udara yang akan mengambil panas juga bertambah, sehingga akan meningkatkan jumlah butiran debu urea yang akan terbawa udara pendingin.

c). Flow udara seeding

Udara seeding (udara yang mengandung debu urea) yang dimasukkan ke bagian bawah prilling tower akan mempengaruhi debu urea, karena tidak semua urea seeding tersebut akan bertemu dengan tetesan urea. Semakin tinggi flow dan konsentrasi urea seeding maka akan meningkatkan debu urea.

d). Cyclone kotor

Cyclone berfungsi memisahkan debu urea dari unit fluidisasi. Debu urea dengan ukuran besar ($>20\mu\text{m}$) akan turun dan yang berukuran $<20\mu\text{m}$ naik keatas dan dikembalikan ke prilling tower sebagai urea seeding. Dikarenakan salah satu sifat urea mudah menyerap air (higroskopis), maka bagian bawah cyclone akan mengalami penyumbatan dikarenakan terbentuk gumpalan urea, sehingga akan mempengaruhi performance dari cyclone. Penyumbatan bagian bawah cyclone akan berdampak meningkatnya debu urea yang keluar lewat bagian atas dan masuk ke prilling tower.

e). Level urea di FBC

Level urea di FBC akan menyebabkan waktu tinggal berbeda artinya jika level tinggi maka tumpukan urea yang akan terfluidisasi semakin banyak dan debu urea yang akan keluar bersama udara fluidisasi juga akan meningkat.

f). Rate produksi

Rate produksi akan menentukan jumlah dari lelehan urea yang masuk ke prilling bucket. Semakin besar flow yang masuk ke prilling bucket maka jumlah dari butiran debu yang terbentuk juga semakin banyak. Semakin banyak butiran urea terbentuk maka debu/butiran ukuran kecil yang akan terbawa udara juga akan meningkat.

g). Putaran prilling bucket

Putaran prilling bucket akan menentukan besar dan kecilnya ukuran butiran urea. Semakin tinggi putaran, maka gaya sentrifugal juga semakin besar sehingga butiran urea yang terbentuk semakin kecil. Jumlah debu urea akan meningkat.

h). Kandungan UFC di butiran urea

UFC ditambahkan kedalam lelehan urea dimaksudkan untuk menambah kekuatan dari butiran urea tersebut sehingga tidak mudah pecah. Semakin rendah kandungan UFC di urea prill maka butiran menjadi rapuh, sehingga akan menambah debu urea yang terikut udara pendingin.

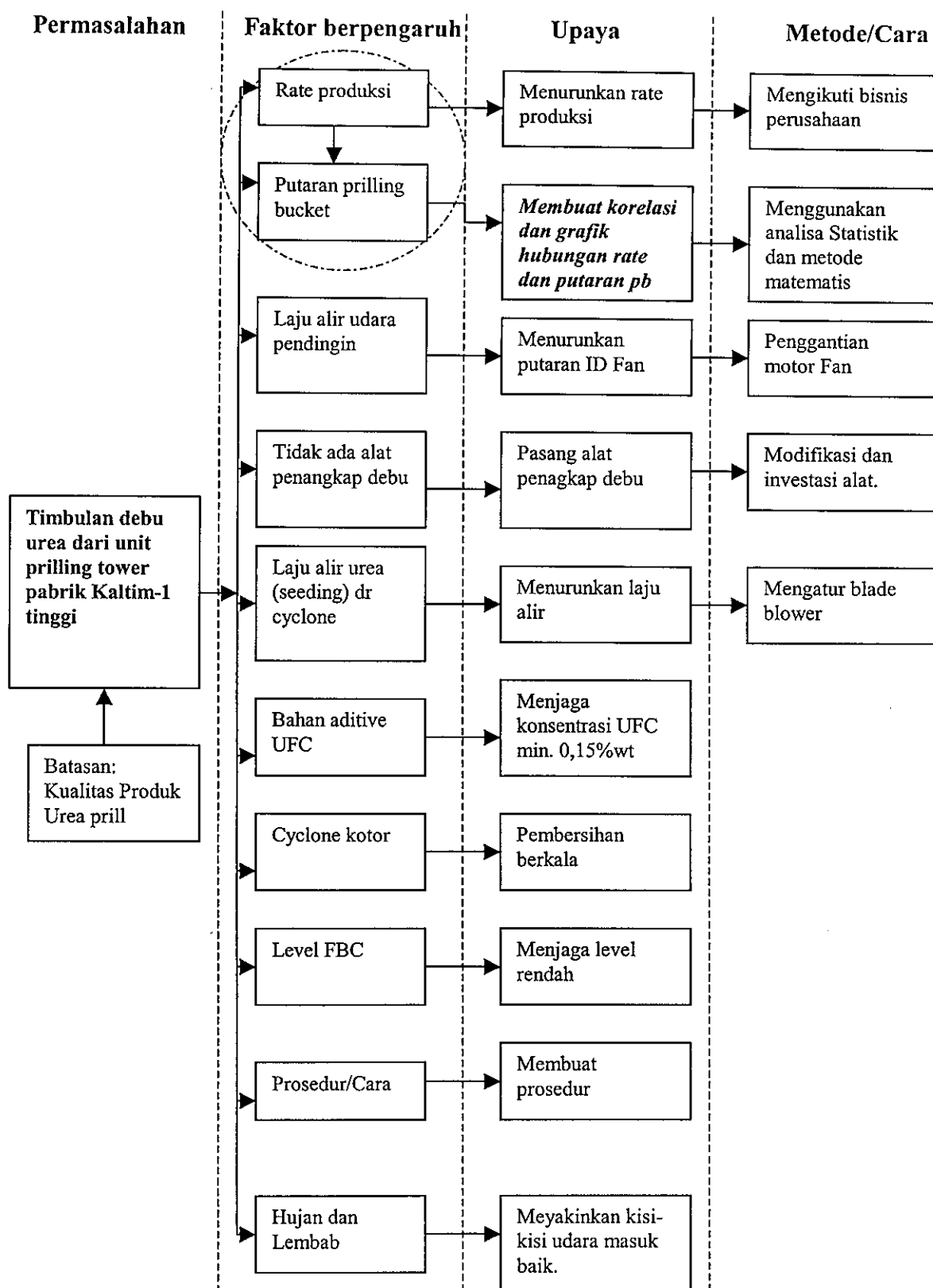
i). Prosedur/Cara

Prosedur dalam hal pengendalian debu urea sampai saat ini belum ada, sehingga dari data terlihat bahwa range debu urea terendah dan tertinggi cukup besar

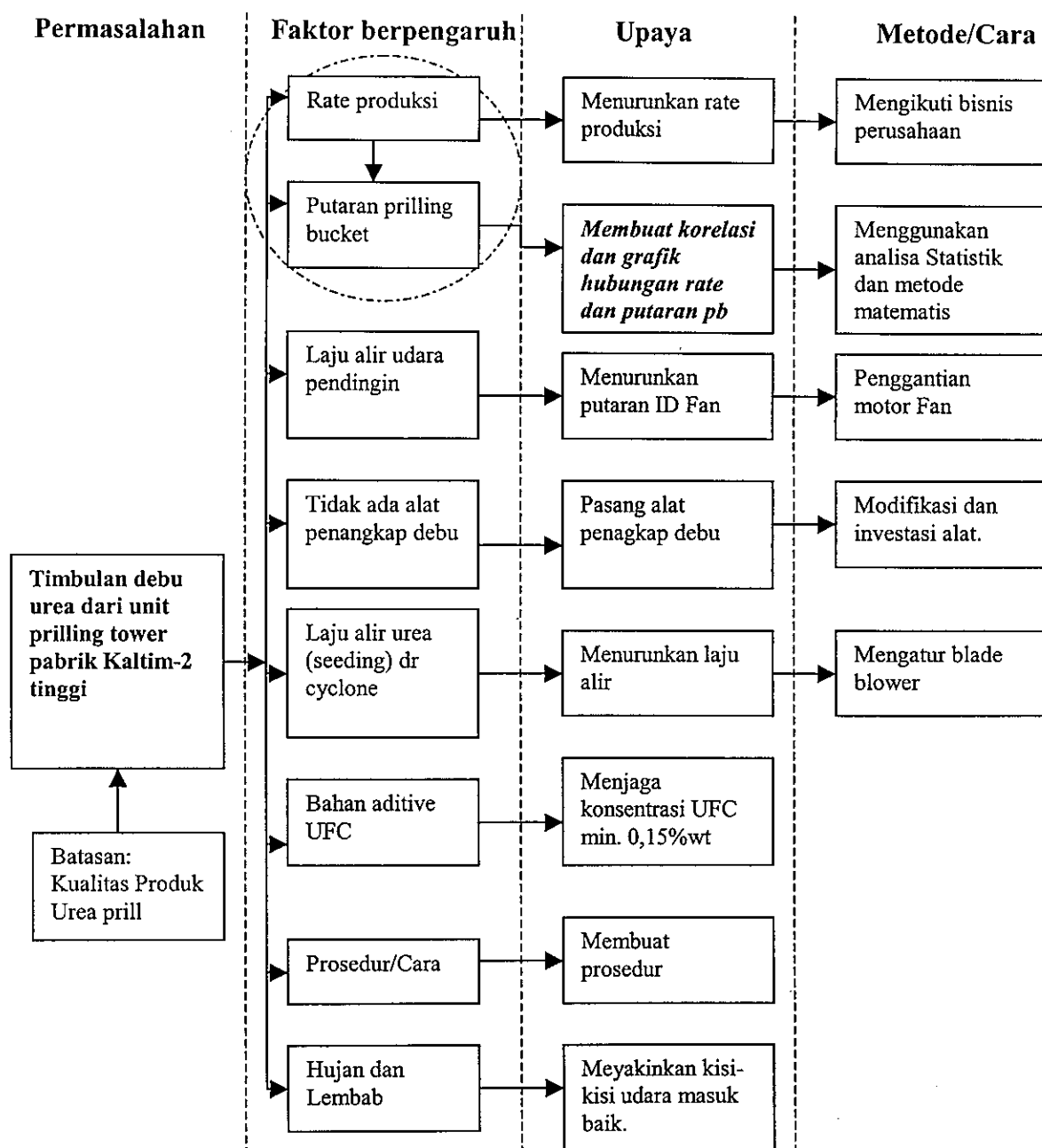
j). Hujan dan udara lembab

Faktor hujan dan udara lembab ini dapat mempengaruhi proses pembentukan urea prill. Jika udara pendingin lembab maka butiran urea yang terbentuk akan mengandung lebih banyak air, sehingga mengurangi kekuatan urea prill (rapuh). Apabila kekuatannya berkurang/banyak yang butiran yang pecah, maka debu urea yang terbentuk juga bertambah.

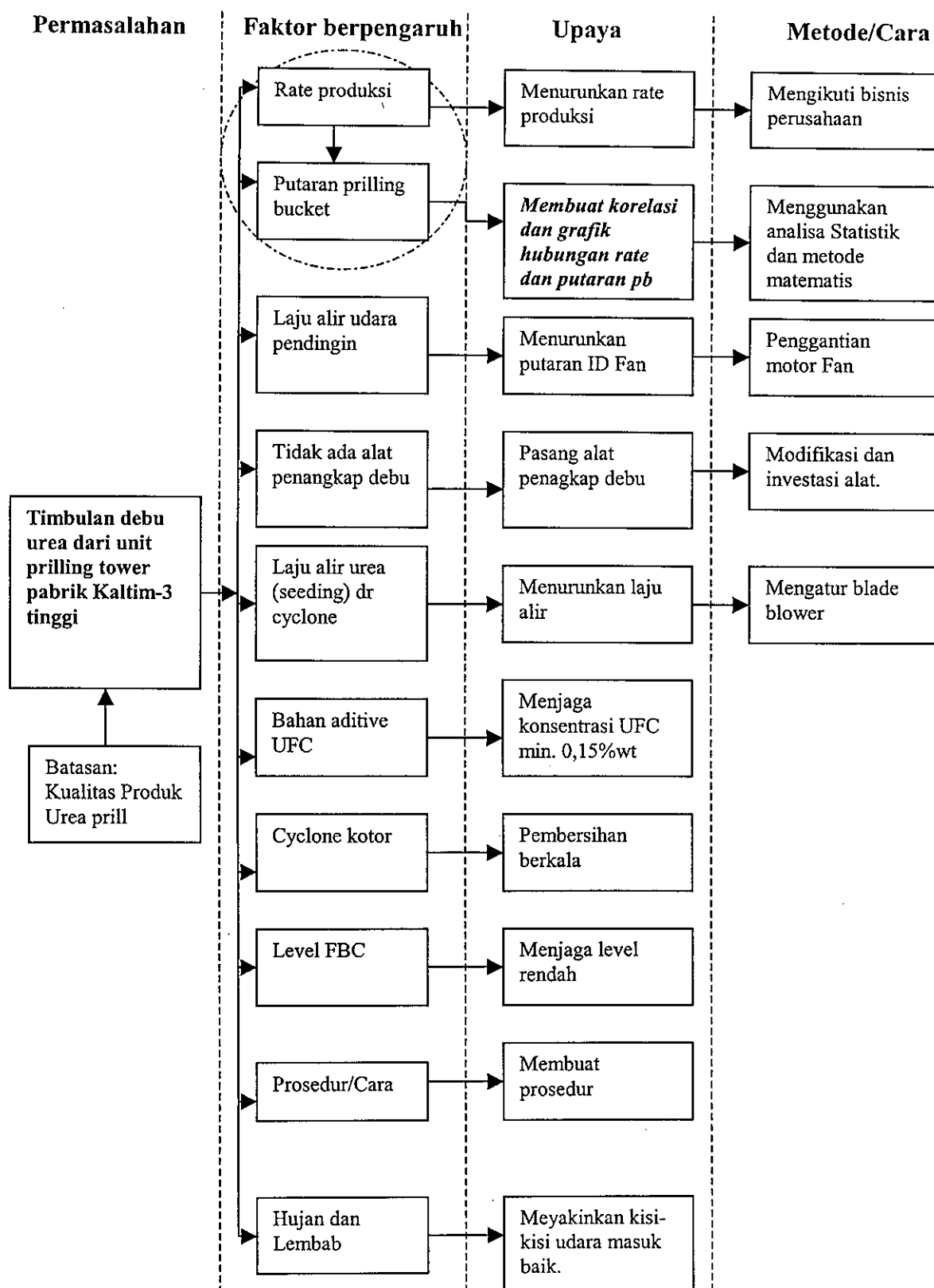
Dari faktor-faktor penyebab diatas, selanjutnya dilakukan analisa dengan diagram pohon untuk menentukan metode atau cara yang dapat dilaksanakan sebagai upaya minimisasi debu urea untuk masing-masing pabrik. Sebagai faktor pembatas adalah kwalitsa produk prill tetap memenuhi spesifikasi.



Gambar 4.1. Diagram pohon untuk menurunkan kandungan debu urea pabrik Kaltim-1.



Gambar 4.2. Diagram pohon untuk menurunkan kandungan debu urea pabrik Kaltim-2.



Gambar 4.3. Diagram pohon untuk menurunkan kandungan debu urea pabrik Kaltim-3.

Dari 10 (sepuluh) faktor diatas hanya dua faktor yang bisa dilakukan variasi kondisi operasi atau dilakukan perubahan tanpa melakukan modifikasi peralatan. 2 (dua) faktor tersebut adalah rate produksi dan putaran prill bucket.

Sedangkan untuk menentukan skala prioritas pelaksanaan tindakan, digunakan diagram matrik berdasarkan nilai ambang batas debu urea dan tingkat kepentingan.

Kaltim-1

	MATRIK DIAGRAM	EFFICACY	PRACTICABILITY	COST	TIME	value	RANK
No	Faktor penyebab						
1	Putaran prill bucket	2	3	3	3	11	1
2	Rate produksi	2	3	3	3	11	1
3	Alat penangkap debu	3	1	1	1	6	6
4	Flow udara pendingin	2	1	3	1	7	5
5	Flow sistem seeding	2	1	2	1	6	6
6	Konsentrasi UFC	1	2	3	3	9	3
7	Cyclone	1	3	3	3	10	2
8	Prosedur/Cara	2	3	3	3	11	1
9	Level FBC	1	2	3	2	8	4
10	Hujan dan lembab	1	3	1	2	7	5

Gambar 4.4. Matrik Diagram

Keterangan: Nilai range pembobotan 1 – 5. Angka besar mempunyai bobot yang tinggi

Efficacy : 1 > kurang manjur; 2 > cukup manjur; 3 > sangat manjur

Practicability : 1 > susah diterapkan; 2 > bisa diterapkan; 3 > mudah diterapkan

Cost : 1 > sangat tinggi; 2 > sedang; 3 > murah

Waktu : 1 > lama; 2 > sedang; 3 > cepat

Dengan melakukan pembobotan berdasarkan tingkat kemanjuran terhadap permasalahan, kemudahan untuk diterapkan, biaya dan waktu, maka untuk pabrik Kaltim-1 diperoleh urutan berdasarkan rangking sebagai berikut: Putaran prill bucket, rate produksi, prosedur/cara, pembersihan cyclone, konsentrasi UFC, pengaturan level FBC, pengaturan udara pendingin, hujan dan lembab, alat penangkap debu dan flow seeding.

Faktor putaran prill bucket dan rate produksi dapat diambil data primer maupun sekunder untuk ditentukan korelasi dan model matematis dengan terhadap debu urea.

Kaltim-2

	MATRIK DIAGRAM	EFFICACY	PRACTICABILITY	COST	TIME	value	RANK
No	Faktor penyebab						
1	Putaran prill bucket	2	3	3	3	11	1
2	Rate produksi	2	3	3	3	11	1
3	Alat penangkap debu	3	1	1	1	6	4
4	Flow udara pendingin	2	1	3	1	7	3
5	Flow sistem seeding	2	1	2	1	6	4
6	Konsentrasi UFC	1	2	3	3	9	2
7	Prosedur/Cara	2	3	3	3	11	1
8	Hujan dan lembab	1	3	1	2	7	3

Gambar 4.5. Matrik Diagram

Keterangan: Nilai range pembobotan 1 – 5. Angka besar mempunyai bobot yang tinggi

Efficacy : 1 > kurang manjur; 2 > cukup manjur; 3 > sangat manjur

Practicability : 1 > susah diterapkan; 2 > bisa diterapkan; 3 > mudah diterapkan

Cost : 1 > sangat tinggi; 2 > sedang; 3 > murah

Waktu : 1 > lama; 2 > sedang; 3 > cepat

Dengan melakukan pembobotan berdasarkan tingkat kemanjuran terhadap permasalahan, kemudahan untuk diterapkan, biaya dan waktu, maka untuk pabrik Kaltim-1 diperoleh urutan berdasarkan rangking sebagai berikut: Putaran prill bucket, rate produksi, prosedur/cara, konsentrasi UFC, pengaturan udara pendingin, hujan dan lembab, alat penangkap debu dan flow seeding.

Faktor putaran prill bucket dan rate produksi dapat diambil data primer maupun sekunder untuk ditentukan korelasi dan model matematis dengan terhadap debu urea.

Kaltim-3

	MATRIK DIAGRAM	EFFICACY	PRACTICABILITY	COST	TIME	value	RANK
No	Faktor penyebab						
1	Putaran prill bucket	2	3	3	3	11	1
2	Rate produksi	2	3	3	3	11	1
3	Alat penangkap debu	3	1	1	1	6	6
4	Flow udara pendingin	2	1	3	1	7	5
5	Flow sistem seeding	2	1	2	1	6	6
6	Konsentrasi UFC	1	2	3	3	9	3
7	Cyclone	1	3	3	3	10	2
8	Prosedur/Cara	2	3	3	3	11	1
9	Level FBC	1	2	3	2	8	4
10	Hujan dan lembab	1	3	1	2	7	5

Gambar 4.6. Matrik Diagram

Keterangan: Nilai range pembobotan 1 – 5. Angka besar mempunyai bobot yang tinggi

Efficacy : 1 > kurang manjur; 2 > cukup manjur; 3 > sangat manjur

Practicability : 1 > susah diterapkan; 2 > bisa diterapkan; 3 > mudah diterapkan

Cost : 1 > sangat tinggi; 2 > sedang; 3 > murah

Waktu : 1 > lama; 2 > sedang; 3 > cepat

Dengan melakukan pembobotan berdasarkan tingkat kemandirian terhadap permasalahan, kemudahan untuk diterapkan, biaya dan waktu, maka untuk pabrik Kaltim-1 diperoleh urutan berdasarkan rangking sebagai berikut: Putaran prill bucket, rate produksi, prosedur/cara, pembersihan cyclone, konsentrasi UFC, pengaturan level FBC, pengaturan udara pendingin, hujan dan lembab, alat penangkap debu dan flow seeding.

Faktor putaran prill bucket dan rate produksi dapat diambil data primer maupun sekunder untuk ditentukan korelasi dan model matematis terhadap debu urea.

4.2. Komparasi teknologi proses

Unit Prilling Tower (selanjutnya disingkat UPT) pabrik Pupuk Kaltim 1, 2, 3 dirancang untuk dapat memproduksi urea dalam bentuk prill. Proses secara umum dalam menghasilkan urea relatif sama, artinya bahwa urea dalam fase cair dirubah dalam bentuk padat di dalam *prilling tower*, dimana urea dalam bentuk lelehan dialirkan ke *prilling bucket* yang terletak di atas *prilling tower* dan didinginkan menggunakan udara ambient secara berlawanan arah (Kellogg, 1984).

4.2.1. Proses unit prilling tower pabrik Pupuk Kaltim-1

o Peralatan di unit *prilling tower* pabrik Pupuk Kaltim-1 terdiri dari:

1. Pompa *urea melt*
2. *Prilling tower*
3. *Prilling bucket*
4. *ID fan*
5. *Fluidized bed cooler*
6. *Dust cyclone*
7. *Dust dissolving drum*
8. *Belt conveyor*

o **Proses**

Larutan *urea melt* dengan temperature 140 °C konsentrasi 99.9% dari 2nd *Evaporator* dipompakan menggunakan pompa *urea melt* ke atas top *prilling tower*. Pada *discharge* pompa diinjeksikan bahan *additive* berupa *Urea Formaldehyde Concentrate* (UFC-85) untuk menjaga mutu produk urea prill. Pipa *discharge* pompa *urea melt* sampai ke top *prilling tower* dilengkapi dengan *steam jacket* agar temperatur larutan tidak turun dibawah 132 °C untuk menjaga agar tidak terjadi solidifikasi larutan urea.

Pada bagian atas *prilling tower*, *urea melt* dimasukkan ke *prilling bucket*. *Prilling bucket* merupakan *bucket* menyerupai kerucut dimana di bagian sisinya terdapat banyak lubang dengan diameter sekitar 1,7mm. Posisi *prilling bucket* ditempatkan di bagian atas *prilling tower* dan terletak ditengah. Dengan memakai gaya sentrifugal (putaran dengan penggerak motor listrik), dimana urea yang ada di *prilling bucket* tersebut diputar dengan kecepatan bervariasi antara 150 – 300 rpm. Urea *droplet* akan keluar dari lubang *prilling bucket* selanjutnya jatuh menuju dasar dari *prilling tower* tersebut. Dari bagian bawah *prilling tower*

dialirkan udara ambient yang diisap oleh 4 buah ID fan yang terletak dibagian atas *prilling tower* secara simetris.

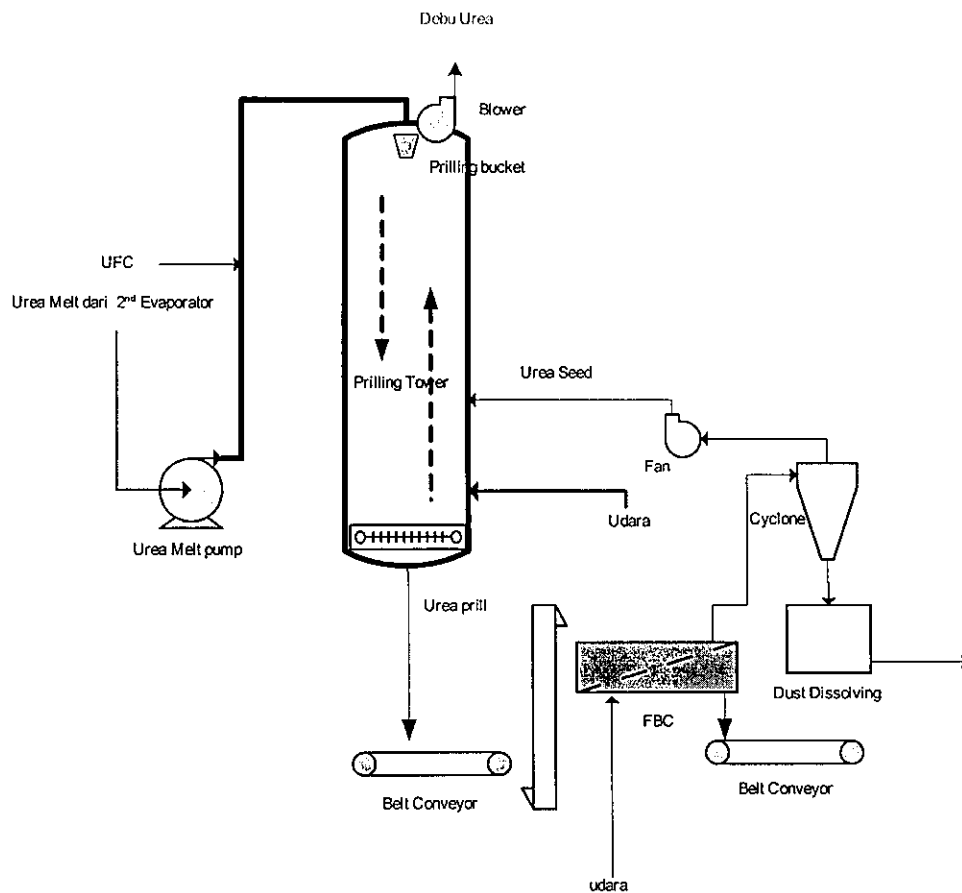
Selama proses kontak dengan udara secara berlawanan arah maka droplet urea akan mengalami proses pemadatan melalui 3 tahap. Pertama droplet urea akan mengalami penurunan temperature sampai ke titik solidifikasi sekitar 132 °C, perubahan fase dari cair ke padat pada temperature 132 °C dan penurunan temperature pada fase padat sampai 40 – 55 °C.

Urea prill sampai dasar *prilling tower* kemudian di scrap dengan *scrapper* untuk selanjutnya melalui belt coveyor dan bucket elevator di alirkan ke *fluidized bed cooler* untuk dipisahkan produk prill dengan debu urea. Produk urea prill keluar dari *fluidized bed cooler* selanjutnya dikirim ke Gudang urea produk melalui *belt conveyor*.

Di dalam *fluidized bed cooler* tumpukkan urea prill dihembus dengan udara dari bagian bawah melalui *perforated plate* yang berlubang secara diagonal, sehingga tumpukkan urea tersebut akan *terolak*. Urea dengan ukuran kecil/debu akan terhisap oleh *FBC exhaust fan* melalui *dust cyclone* untuk dipisahkan partikel urea ukuran besar dan kecil. Debu urea dengan ukuran besar dimasukkan *dissolving drum* untuk dilarutkan kembali dan selanjutnya *direcycle*. Debu urea berukuran kecil dikembalikan ke dalam *prilling tower* untuk dipergunakan sebagai *system seeding*.

Kualitas urea prill harus memenuhi ukuran tertentu antara lain harus lolos *mesh 18* minimum 95%. Sehingga untuk mendapatkan spesifikasi tersebut maka kecepatan putaran *prilling bucket* harus disesuaikan dengan laju alir urea melt (rate produksi). Jika putaran *prilling bucket* tersebut tidak tepat akan mengakibatkan distribusi ukuran urea prill akan menyimpang dari standard.

Udara sebagai pendingin diisap oleh empat (4) buah blower/fan dengan kapasitas yang sama terletak diatas *prilling tower* secara simetris. Udara keluar dari *prilling tower* akan membawa urea dalam ukuran yang relatif kecil (debu).



Gambar 4.7. Aliran proses unit *prilling tower* pabrik Pupuk Kaltim-1

4.2.2. Proses unit *prilling tower* pabrik Pupuk Kaltim-2

o Peralatan di unit *prilling tower* pabrik Pupuk Kaltim-2 terdiri dari:

1. Pompa *urea melt*
2. Pompa *UFC*
3. *Prilling tower*
4. *Prilling bucket*
5. *ID fan*
6. *Belt conveyer*
7. *Sistem seeding*

o **Proses**

Larutan *urea melt* dengan temperature 140 °C konsentrasi 99.9% dari 2nd Evaporator dipompakan menggunakan pompa *urea melt* ke atas top *prilling tower*. Di *suction* pompa

diinjeksikan bahan *additive* berupa *Urea Formaldehyde Concentrate* (UFC-85) untuk menjaga mutu produk urea prill. Untuk menjaga agar tidak terjadi solidifikasi larutan urea, maka pipa discharge pompa *urea melt* sampai ke top prilling tower dilengkapi dengan *steam jacket* agar temperatur larutan tidak turun dibawah 132 °C.

Pada bagian atas *prilling tower*, *urea melt* dimasukkan ke *prilling bucket*. *Prilling bucket* merupakan bucket menyerupai kerucut dimana di bagian sisinya terdapat lubang dengan diameter sekitar 1,7mm. Posisi *prilling bucket* ditempatkan di bagian atas *prilling tower* dan terletak ditengah. Dengan memakai gaya sentrifugal, dimanana urea yang ada di *prilling bucket* tersebut diputar dengan kecepatan bervariasi antara 150 – 250 rpm. Urea droplet akan keluar dari lubang *prilling bucket* selanjutnya jatuh menuju dasar dari *prilling tower* tersebut. Dari bagian bawah *prilling tower* dialirkan udara ambient yang diisap oleh 4 buah ID fan yang terletak dibagian atas *prilling tower* secara simetris.

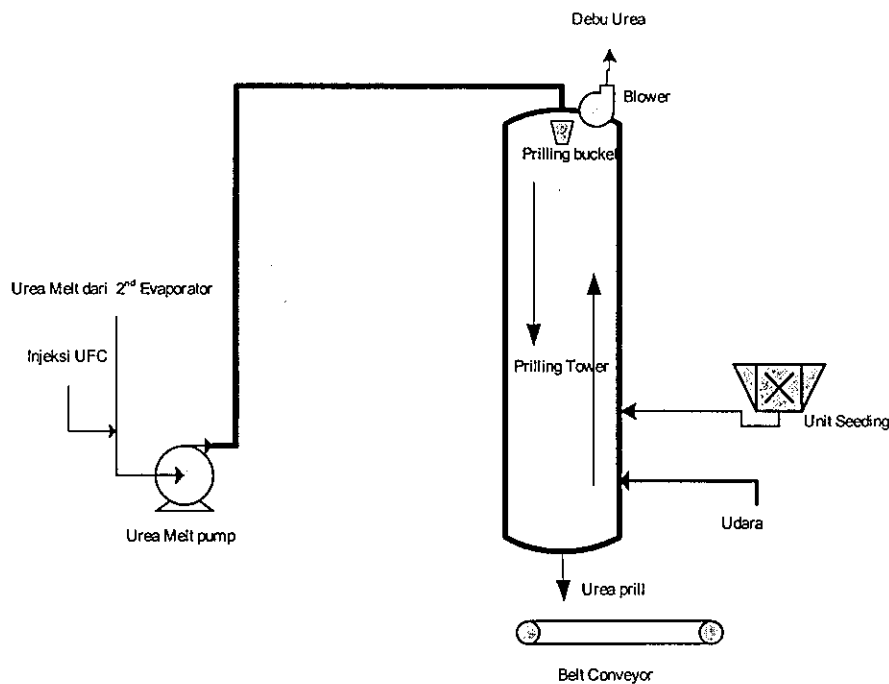
Selama proses kontak dengan udara secara berlawanan arah maka droplet urea akan mengalami proses pemadatan melalui 3 tahap. Pertama droplet urea akan mengalami penurunan temperatur sampai ke titik solidifikasi sekitar 132 °C, perubahan fase dari cair ke padat pada temperature 132 °C dan penurunan temperature pada fase padat sampai 40 – 55 °C.

Urea prill sampai dasar *prilling tower* kemudian di scrap dengan *scraper* untuk selanjutnya dikirim ke gudang dengan belt conveyor.

Kualitas urea prill harus memenuhi ukuran tertentu antara lain harus lolos *mesh 18* minimum 95%. Sehingga untuk mendapatkan spesifikasi tersebut maka kecepatan putaran *prilling bucket* harus disesuaikan dengan laju alir *urea melt* (rate produksi). Jika putaran *prilling bucket* tersebut tidak tepat akan mengakibatkan distribusi ukuran urea prill akan menyimpang dari standar.

Udara sebagai pendingin diisap oleh empat (4) buah blower/fan dengan kapasitas yang sama terletak diatas *prilling tower* secara simetris. Udara keluar dari *prilling tower* akan membawa urea dalam ukuran yang relatif kecil (debu).

Sistem seeding ditempatkan terpisah (unit tersendiri), yaitu untuk mengembalikan urea dalam bentuk partikel/debu ke dalam *prilling tower*. Partikel/debu urea tersebut dimaksudkan untuk membentuk inti urea prill sehingga kekuatan urea prill (*impact dan crushing strength*) tinggi.



Gambar 4.8. Aliran proses unit prilling tower pabrik Pupuk Kaltim-2

4.2.3. Proses unit *prilling tower* pabrik Pupuk Kaltim-3

o Peralatan di unit *prilling tower* pabrik Pupuk Kaltim-3 terdiri dari:

1. Pompa *urea melt*
2. Pompa UFC
3. *Prilling tower*
4. *Prilling bucket*
5. *ID fan*
6. *Fluidized bed cooler*
7. *Chiller*
8. *Dust cyclone*
9. *Dust dissolving drum*
10. *Belt conveyor*

o Proses

Larutan *urea melt* dengan temperature 140 °C konsentrasi 99.9% dari 2nd *Evaporator* dipompakan menggunakan pompa *urea melt* ke atas top prilling tower. Pada *discharge* pompa diinjeksikan bahan *additive* berupa *Urea Formaldehyde Concentrate* (UFC-85) untuk menjaga mutu produk urea prill. Pipa discharge pompa *urea melt* sampai ke top *prilling tower*

dilengkapi dengan *steam jacket* agar temperatur larutan tidak turun dibawah 132 °C untuk menjaga agar tidak terjadi solidifikasi larutan urea.

Pada bagian atas *prilling tower*, urea melt dimasukkan ke *prilling bucket*. *Prilling bucket* merupakan bucket menyerupai kerucut dimana di bagian sisinya terdapat lubang dengan diameter sekitar 1,7mm. Posisi *prilling bucket* ditempatkan di bagian atas *prilling tower* dan terletak ditengah. Dengan memakai gaya sentrifugal, dimanana urea yang ada di *prilling bucket* tersebut diputar dengan kecepatan bervariasi antara 150 – 250 rpm. Urea droplet akan keluar dari lubang *prilling bucket* selanjutnya jatuh menuju dasar dari *prilling tower* tersebut. Dari bagian bawah *prilling tower* dialirkan udara ambient yang diisap oleh 4 buah ID Fan yang terletak dibagian atas *prilling tower* secara simetris.

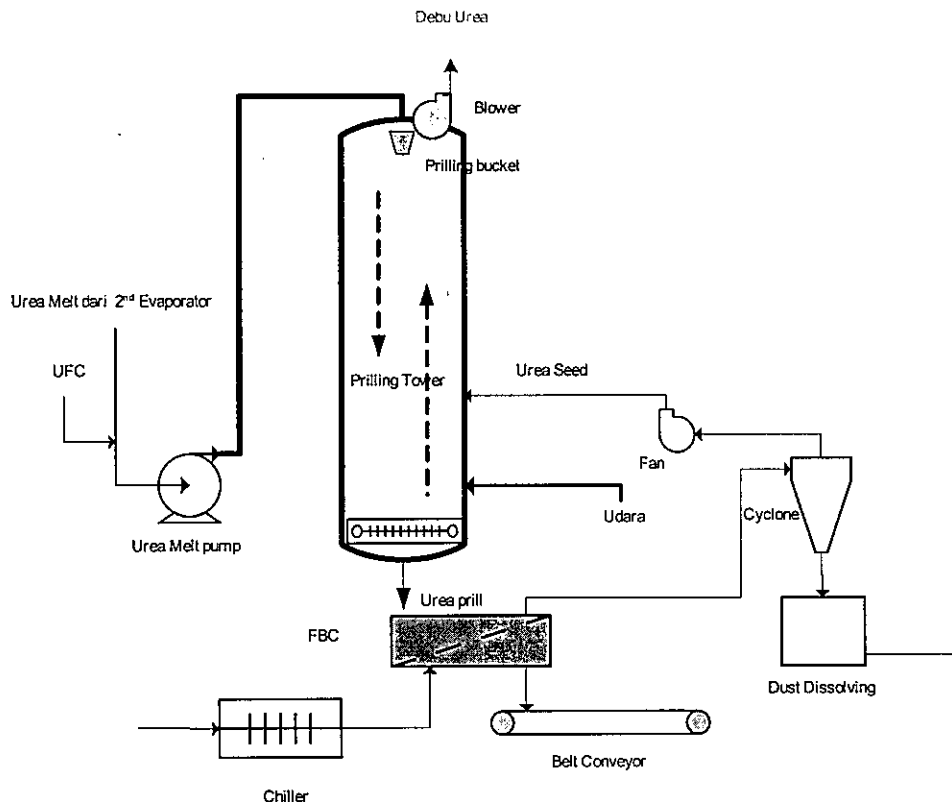
Selama proses kontak dengan udara secara berlawanan arah maka droplet urea akan mengalami proses pemadatan melalui 3 tahap. Pertama droplet urea akan mengalami penurunan temperature sampai ke titik solidifikasi sekitar 132 °C, perubahan fase dari cair ke padat pada temperature 132 °C dan penurunan temperature pada fase padat sampai 40 – 55 °C.

Urea prill sampai dasar *prilling tower* kemudian di scrap dengan *scraper* untuk selanjutnya masuk ke *fluidized bed cooler (FBC)* untuk dimisahkan produk prill dengan debu urea. Produk urea prill keluar dari FBC selanjutnya dikirim ke gudang urea produk menggunakan *belt conveyor*.

Di dalam FBC tumpukkan urea prill dihembus dengan udara dari bagian bawah melalui *perforated plate* yang berlubang secara diagonal, sehingga tumpukkan urea tersebut akan terolak. Urea dengan ukuran kecil/debu akan terhisap oleh *FBC exhaust fan* melalui dust cyclone untuk dipisahkan partikel urea ukuran besar dan kecil. Debu urea dengan ukuran besar selanjutnya dimasukkan dissolving drum untuk dilarutkan kembali dan selanjutnya direcycle. Debu urea berukuran kecil dikembalikan ke dalam *prilling tower* untuk dipergunakan sebagai *system seeding*. Di pabrik Kaltim-3 dilengkapi dengan *chiller* yang berfungsi untuk mengatur temperature udara ambient yang digunakan sebagai pendingin di FBC.

Kualitas urea prill harus memenuhi ukuran tertentu antara lain harus lolos *mesh 18* minimum 95%. Sehingga untuk mendapatkan spesifikasi tersebut maka kecepatan putaran *prilling bucket* harus disesuaikan dengan laju alir urea melt (rate produksi). Jika putaran *prilling bucket* tersebut tidak tepat akan mengakibatkan distribusi ukuran urea prill akan menyimpang dari standard.

Udara sebagai pendingin diisap oleh empat (4) buah blower/fan dengan kapasitas yang sama terletak diatas prilling tower secara simetris. Udara keluar dari *prilling tower* akan membawa urea dalam ukuran yang relatif kecil (debu).



Gambar 4.9. Aliran proses *unit prilling tower* pabrik Pupuk Kaltim-3

Proses pembekuan urea cair menjadi padat di dalam prilling tower tersebut terjadi pelepasan panas urea cair dari temperatur 140 C. Panas yang terlepas diambil oleh udara pendingin secara berlawanan arah dari bawah. Kesempurnaan proses pembekuan tersebut tergantung pada:

- Waktu kontak antara urea dengan udara atau ketinggian priling tower.
Semakin tinggi priling tower maka waktu kontak semakin lama, sehingga proses pemadatan/pembekuan akan lebih sempurna dan debu urea yang terikut oleh udara pendingin semakin berkurang.
- Flow rate udara pendingin
Semakin tinggi flow rate udara maka proses pembekuan urea semakin baik, namun timbunan debu urea akan meningkat.
- Temperatur udara pendingin.

Semakin rendah temperatur udara pendingin, maka proses pembekuan urea semakin baik dan pengaruh terhadap timbulan debu urea semakin rendah.

Perbedaan proses di unit prilling tower menghasilkan timbulan debu urea dari unit tersebut yang berbeda-beda. Perbedaan proses tersebut tujuan awal adalah untuk meningkatkan mutu dari produk urea prill. Tabel 4.2 menunjukkan perbandingan teknologi proses dan Tabel 4.3. menunjukkan perbandingan spesifikasi peralatan di unit prilling tower pabrik Kaltim-1, 2 dan Kaltim-3.

Tabel 4.2. Perbandingan teknologi proses di unit prilling tower

Proses	Kaltim-1	Kaltim-2	Kaltim-3	Dampak
Pembekuan urea	Urea cair dari prill bucket di dinginkan menggunakan udara ambient secara berlawanan arah	Urea cair dari prill bucket di dinginkan menggunakan udara ambient secara berlawanan arah	Urea cair dari prill bucket di dinginkan menggunakan udara ambient secara berlawanan arah	Debu urea akan terbawa udara lepas ke lingkungan
Peningkatan mutu urea prill	o Menggunakan fluidized bed cooler (FBC)		o Menggunakan fluidized bed cooler (FBC) o Chiller	o Menambah timbulan debu
	o Urea seeding (dari debu FBC)	o Urea seeding (unit tersendiri)	o Urea seeding (dari debu FBC)	o Menambah timbulan debu
	o Penambahan bahan UFC	o Penambahan UFC	o Penambahan UFC	o Mengurangi timbulan debu

Tabel 4.3. Perbandingan Spesifikasi peralatan *unit prilling tower*

Peralatan	Kaltim-1	Kaltim-2	Kaltim-3
Prilling tower			
o Tinggi, <i>meter</i>	40	80	68
o Kapasitas, <i>ton/hari</i>	1725	1725	1725
ID Fan / Blower,			
o Kapasitas, <i>Nm³/jam</i>	@ 243.000	@187.000	@167.000
o Diameter cerobong, <i>mm</i>	2600	2000	2000
o Jumlah	4	4	4
Sistem seeding urea	o udara cyclone	o unit tersendiri	o udara cyclone
o Flow udara, <i>kg/jam</i>	o 1980	o 262,5	o 5.162
o Debu, <i>kg/jam</i>	o 112	o 10.4	o 72.5
Injeksi UFC	Discharge pompa urea melt	Suction pompa urea melt	Suction pompa urea melt
Fluidized bed cooler	terpasang	Tidak ada	terpasang, dilengkapi <i>Chiller</i>
Temperatur inlet, °C	30- 35		20-23
Flow udara, <i>Nm³/jam</i>	151.000		40.922
Dust Cyclone	Terpasang	Tidak ada	Terpasang

4.2.4. Unit prilling tower pabrik Kaltim-1

Timbulan debu urea dari unit prilling tower pabrik Kaltim-1 memberikan nilai yang paling tinggi, yaitu rata-rata 237,84 mg/Nm³ udara dengan nilai terendah 126,84 mg/Nm³ dan tertinggi 477,6 mg/Nm³.

a) Prilling tower

Prilling tower pabrik kaltim-1 semula akan didirikan diatas kapal terapung, sehingga ketinggian prilling tower hanya 40 meter, paling rendah dibanding prilling tower Kaltim-2 dan 3. Dengan demikian proses pembentukan urea prill tidak sebaik kaltim-2 dan 3, yaitu:

- o Temperatur urea prill sampai dasar lantai prilling tower masih 80-90 C, belum memenuhi spesifikasi produk yang ditetapkan.

- Struktur butiran urea belum begitu kuat (proses pembekuan belum sempurna), sehingga memungkinkan pecahnya butiran urea pada proses selanjutnya cukup tinggi (potensi terbentuk debu cukup tinggi).

b) ID Fan

ID Fan berjumlah 4 buah dengan kapasitas masing-masing 243.000 Nm³/jam paling besar dibanding kaltim 2 dan 3. Dengan kapasitas yang besar, maka pengaruh terhadap timbulan debu urea juga meningkat.

c) Fluidized bed cooler (FBC)

FBC berfungsi untuk mendinginkan lanjut urea prill dari temperature 80 – 90 C menjadi 40 – 50 C. Proses pendinginan dilakukan dengan men-fluidisasi urea menggunakan udara ambient yang kontak secara langsung. Proses tersebut menghasilkan pengaruh terhadap timbulan debu, yaitu:

- Udara fluidisasi dari FBC akan mengandung debu urea. Debu urea tersebut selanjutnya dipisahkan di dust cyclone, dimana debu yang ukurannya besar (>20 um) dimasukkan ke dissolving drum untuk dilarutkan kembali dan diproses menjadi urea prill (recycle).
- Debu yang berukuran lebih kecil (<20 um) dikembalikan ke dalam prilling tower difungsikan sebagai urea seeding. Debu yang dikembalikan ke prilling tower tersebut akan menambah timbulan debu ke lingkungan, karena tidak semua debu tersebut bertemu dengan butiran urea sebagai inti butiran. Jumlah debu yang dikembalikan paling tinggi, yaitu mencapai 112 kg/jam.

d) Dust Cyclone

Dust cyclone yang berfungsi untuk memisahkan debu kasar dan halus dapat menyebabkan kenaikan timbulan debu apabila performance cyclone turun dikarenakan tersumbatnya bagian bawah cyclone tersebut. Jika bagian bawah cyclone tersumbat maka jumlah debu yang keluar dari bagian atas cyclone menuju prilling tower akan meningkat.

e) Injeksi UFC

Sistem injeksi UFC seperti terlihat pada gambar 4.1 kurang memberikan hasil pencampuran yang sempurna, jika dibanding dengan Kaltim-2 dan kaltim-3. Akibatnya fungsi UFC untuk memperkuat butiran urea juga kurang sempurna. Hal tersebut bisa menyebabkan butiran urea rapuh dan mudah pecah menjadi debu.

Dari kondisi proses diatas unit prilling tower pabrik kaltim-1 memberikan timbulan debu urea yang paling tinggi dibanding Kaltim-2 dan Kaltim-3.

Perubahan atau perbaikan proses yang dapat dilakukan guna mengurangi timbulan debu urea dari unit prilling tower Kaltim-1 adalah :

- a) Menurunkan semaksimal mungkin flow udara untuk fluidisasi. Dengan turunnya flow udara tersebut diharapkan debu yang kembali ke unit prilling tower sebagai seeding juga berkurang. Jumlah debu yang kembali ke prilling tower Kaltim-1 paling tinggi dibanding Kaltim-2 dan Kaltim-3 yaitu 112 kg/jam. Akibat dari perubahan ini akan menaikkan temperatur produk urea prill, sehingga diperlukan tambahan peralatan yaitu *chiller* (seperti di pabrik Kaltim-3). Penambahan chiller sangat memungkinkan dilakukan karena diletakkan di lantai dasar pabrik. Berbeda dengan apabila ditambah alat penangkap debu yang harus diletakkan diatas prilling tower.
- b) Menurunkan udara pendingin ke prilling tower. Upaya ini dilakukan dengan memodifikasi kapasitas ID fan yang ada saat ini (misal: menurunkan putaran motor penggerak)
- c) Melakukan dan memastikan secara berkala dust cyclone berfungsi baik (jika terjadi penyumbatan dilakukan cleaning secara rutin).
- d) Menjaga putaran prill bucket sesuai rate produksi berdasarkan grafik hasil penelitian.

Perubahan proses tersebut diatas dilakukan dengan batasan kualitas produk urea prill (terutama temperature produk tetap masuk dalam spesifikasi).

4.2.5. Unit prilling tower Kaltim-2

Timbulan debu urea dari unit prilling tower pabrik Kaltim-2 memberikan nilai yang paling rendah, yaitu rata-rata 112,79 mg/Nm³ udara dengan nilai terendah 53,71 mg/Nm³ dan tertinggi 211,7 mg/Nm³. Rendahnya timbulan debu tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

a) Prilling tower

Prilling tower pabrik kaltim-2 mempunyai ketinggian 80 meter, paling tinggi dibanding prilling tower Kaltim-1 dan 3. Dengan demikian proses pembentukan urea prill paling sempurna dibanding kaltim-1 dan 3.

b) ID Fan

Kapasitas ID fan/jumlah udara pendingin sebesar @ 187.00 Nm³/jam lebih rendah dibanding Kaltim-1, sehingga pengaruh terhadap timbulan debu juga lebih rendah.

c) Unit prilling tower pabrik Kaltim-2 tidak menggunakan FBC. Dengan kapasitas desain yang sama dengan Kaltim-1 dan Kaltim-3, maka produk urea prill sampai dasar prilling tower sudah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan (lampiran 4), khususnya temperatur dan distribusi ukuran. Dengan tidak adanya FBC, maka tidak ada debu ke prilling tower (debu yang terbentuk terikut produk dikirim ke gudang). Sehingga timbulan debu urea juga berkurang.

d) Urea seeding

Di pabrik Kaltim-2 unit urea seeding berdiri sendiri dan terpisah dengan system prilling tower. Dengan jumlah debu urea sebagai seeding paling rendah, hanya 10,4 kg/jam dapat mengurangi timbulan debu urea.

Upaya untuk mengurangi timbulan debu urea di pabrik Kaltim-2 adalah dengan menjaga putaran prill bucket sesuai rate produksi mengikuti grafik model hasil penelitian ini.

4.2.6. Unit prilling tower Kaltim-3

Unit prilling tower pabrik Kaltim-3 merupakan perbaikan proses dari unit Kaltim-1 dan Kaltim-3 yang diperuntukkan untuk perbaikan kualitas produk urea. Sedangkan timbulan debu urea dari unit prilling tower pabrik Kaltim-3 masih memberikan nilai yang lebih tinggi dibanding Kaltim-2, yaitu rata-rata 192,91 mg/Nm³ udara dengan nilai terendah 139,78 mg/Nm³ dan tertinggi 334 mg/Nm³.

a. Prilling tower

- Ketinggian prilling tower 68 meter, sudah dapat menurunkan temperatur urea sampai dasar lantai prilling tower hingga temperature 60 C.
- Struktur butiran urea sudah cukup kuat (proses pembekuan sempurna), sehingga mengurangi pecahnya butiran urea pada proses selanjutnya (potensi terbentuk debu rendah).

b) ID Fan

ID Fan berjumlah 4 buah dengan kapasitas masing-masing 167.000 Nm³/jam paling rendah dibanding Kaltim 1 dan 2. Dengan kapasitas yang paling rendah, maka pengaruh terhadap timbulan debu urea juga rendah.

c) Fluidized bed cooler (FBC)

- Prilling tower yang lebih rendah dan flow udara pendingin yang lebih rendah dibanding Kaltim-2, maka masih memerlukan FBC agar produk urea dapat memenuhi

spesifikasi. Dalam hal ini FBC berfungsi untuk mendinginkan lanjut urea prill dari temperatur urea sekitar 60 C menjadi 40–50 C. Proses pendinginan dilakukan dengan mem-fluidisasi urea menggunakan udara ambient yang dilewatkan chiller sehingga temperatur udara fluidisasi menjadi 20–23 C dan kontak secara langsung dengan urea. Dengan adanya tambahan chiller, maka udara flow fluidisasi lebih rendah dibanding Kaltim-1, sehingga proses tersebut menghasilkan pengaruh terhadap timbulan debu yang lebih rendah dibanding Kaltim-1

d) Dust Cyclone

Dust cyclone yang berfungsi untuk memisahkan debu kasar dan halus dapat menyebabkan kenaikan timbulan debu apabila performance cyclone turun dikarenakan tersumbatnya bagian bawah cyclone tersebut. Jika bagian bawah cyclone tersumbat maka jumlah debu yang keluar dari bagian atas cyclone menuju prilling tower akan meningkat.

e) Injeksi UFC

Sistem injeksi UFC seperti terlihat pada gambar 4.3 akan memberikan hasil pencampuran yang sempurna, seperti sistem di Kaltim-2. Akibatnya fungsi UFC untuk memperkuat butiran urea juga lebih sempurna. Hal tersebut menghasilkan butiran urea yang lebih kuat.

Dari kondisi proses diatas unit prilling tower pabrik kaltim-3 memberikan timbulan debu urea yang lebih tinggi dibanding Kaltim-2 dan lebih rendah dibanding Kaltim-1.

Perubahan atau perbaikan proses yang dapat dilakukan guna mengurangi timbulan debu urea dari unit prilling tower Kaltim-3 adalah :

- a) Menurunkan semaksimal mungkin temperatur udara untuk fluidisasi (dari chiller ke FBC). Dengan turunnya temperatur dapat diikuti dengan menurunkan flow udara tersebut, sehingga debu yang kembali ke unit prilling tower sebagai seeding dapat dikurangi. Upaya ini dapat dilakukan tanpa penambahan atau modifikasi peralatan, karena temperatur dan flow udara dapat di kontrol.
- b) Menurunkan udara pendingin ke prilling tower. Upaya ini dilakukan dengan memodifikasi kapasitas ID fan yang ada saat ini (misal: menurunkan putaran motor penggerak)
- c) Melakukan dan memastikan secara berkala dust cyclone berfungsi baik (jika terjadi penyumbatan dilakukan cleaning secara rutin).
- d) Menjaga putaran prill bucket sesuai rate produksi berdasarkan grafik hasil penelitian.

Perubahan proses tersebut diatas dilakukan dengan batasan kualitas produk urea prill (terutama temperature produk tetap masuk dalam spesifikasi).

Berdasarkan hasil komparasi teknologi proses dan analisa faktor-faktor yang berpengaruh dengan memperhatikan KEP-13/MENLH/3/1995 mengenai NAB debu urea sampai tahun 2004 sebesar 500 mg/Nm^3 udara dan mulai tahun 2005 sebesar 250 mg/Nm^3 dan semakin ketatnya regulasi untuk tahun mendatang serta memperhatikan dampak saat ini, maka upaya untuk meminimisasi timbulan debu urea dari unit prilling tower perlu dilakukan secara bertahap dimulai dengan perbaikan proses unit prilling tower dan upaya terakhir memasang alat penangkap debu (pengendalian emisi di dalam proses).

4.3. Kompilasi data debu urea

Data hasil analisa kandungan debu urea dari unit prilling tower pabrik Kaltim-1, Kaltim-2 dan Kaltim-3 pada berbagai variasi rate produksi dan putaran prill bucket ditunjukkan pada Tabel 4.4, 4.5 dan 4.6.

Tabel 4.4. Data hasil analisa kandungan debu urea pada berbagai variasi putaran prill bucket dan rate produksi *unit prilling tower* pabrik Kaltim-1

No	Rate produksi, %	Putaran prill bucket, rpm	Hasil analisa, mg/Nm ³	Rasio Debu/ton produk
1	65.55	140	164	3.48
2	66.91	168	164.21	3.41
3	70.03	175	130.46	2.59
4	72.16	175	240.6	4.64
5	74.62	170	126.84	2.37
6	78.63	200	251.44	4.45
7	79.16	180	180.69	3.18
8	81.33	190	207.53	3.55
9	84.75	235	286.99	4.71
10	92.86	310	451	6.76
11	93.79	210	290.18	4.3
12	93.80	230	142	2.11
13	96.03	195	177	2.56
14	97.68	230	134	1.91
15	105.92	250	204	2.68
16	110.86	305	440,6	5.53
17	112.00	270	202	2.51
18	112.73	280	223	2.75
19	113.00	275	259	3.19
20	115.00	250	140	1.69
21	115.97	260	163	1.96
22	117.00	260	267	3.18
23	120.00	310	477,6	5.54
24	120.00	300	385	4.46

Tabel 4.5. Data hasil analisa kandungan debu urea pada berbagai variasi putaran prill bucket dan rate produksi *unit prilling tower* pabrik Kaltim-2

No	Rate produksi, %	Putaran prill bucket, rpm	Hasil analisa, mg/Nm ³	Rasio Debu/ton produk
1	73.58	148	66.68	1.26
2	75.82	155	126	2.31
3	76.69	160	58.25	1.06
4	81.54	165	53.71	0.92
5	82.46	170	163	2.75
6	84.35	175	109	1.80
7	84.35	175	68.37	1.13
8	84.65	180	94.47	1.55
9	87.78	180	110	1.74
10	88.57	180	91.79	1.44
11	91.38	185	157	2.39
12	97.00	185	83	1.19
13	98.41	188	67.42	0.95
14	101.22	190	86.03	1.18
15	103.82	195	85	1.14
16	104.03	195	111.46	1.49
17	104.03	195	118.43	1.58
18	104.03	200	82.47	1.10
19	105.44	200	100.06	1.32
20	106.84	200	103	1.34
21	108.25	200	173	2.22
22	109.66	205	151	1.92
23	110.71	205	150	1.88
24	110.83	210	144	1.80
25	112.47	210	211.7	2.62
26	112.47	210	95.79	1.18
27	113.87	215	187.47	2.29
28	113.87	215	164	2.00

29	115.98	215	135	1.62
30	115.98	220	111.25	1.33
31	118.09	220	93.77	1.10
32	118.09	225	64.8	.76
33	118.56	230	117	1.37
34	129.34	235	115	1.24
35	129.34	235	98.81	1.06

Tabel 4.6. Data hasil analisa kandungan debu urea pada berbagai variasi putaran prill bucket dan rate produksi *unit prilling tower* pabrik Kaltim-3

No	Rate produksi, %	Putaran prill bucket, rpm	Hasil analisa, mg/Nm ³	Rasio Debu/ton produk
1	90	235	162.98	2.52
2	93	225	215	3.22
3	95	238	177.74	2.60
4	97	218	139.78	2.00
5	99	238	163	2.29
6	100	230	219.51	3.05
7	101	246	194	2.67
8	102	236	139.82	1.91
9	102	258	171.62	2.34
10	103	230	189	2.55
11	103	260	149.65	2.02
12	104	250	199.51	2.67
13	105	239	225	2.98
14	105	263	209.48	2.78
15	105	268	334	4.43
16	108	250	198	2.55
17	108	270	164.69	2.12
18	112	255	160.33	1.99
19	119	270	252.22	2.95

Hubungan rate produksi dengan putaran prill bucket adalah hubungan positif dimana jika rate produksi naik maka putaran prill bucket juga dinaikkan untuk menjaga mutu produk urea prill tetap dalam spesifikasi yang ditetapkan. Pada rate produksi yang tetap dengan semakin dinaikkannya putaran prill bucket maka ukuran butiran prill semakin kecil sehingga jumlah debu yang akan terikut udara pendingin juga semakin banyak. Demikian sebaliknya apabila putaran prill bucket diturunkan pada rate yang tetap ukuran butir urea semakin besar. (Kellogg, 1984)

Sampai saat ini belum ada panduan atau grafik antara rate produksi dengan putaran prill bucket sebagai acuan untuk mengendalikan emisi debu urea ke lingkungan baik di unit prilling tower pabrik Kaltim-1, 2 dan 3. Dengan menjaga putaran sedikit dibawah garis regresi, diharapkan timbulan debu urea dapat berkurang.

Data analisa debu urea yang ditunjukkan pada Tabel 4.3., 4.4. dan 4.5 menunjukkan nilai terendah dan tertinggi cukup jauh, baik untuk UPT Kaltim-1, Kaltim-2 dan Kaltim-3, artinya ada peluang untuk menjaga timbulan debu urea pada nilai yang terendah. Nilai terendah tersebut diharapkan dapat diperoleh dengan membuat hubungan antara putaran prill bucket dengan rate produksi untuk masing-masing UPT, yang dapat dipakai dalam pengaturan kondisi operasi karena ditampilkan dalam bentuk grafik.

Rasio debu urea per ton produk urea menunjukkan nilai UPT Kaltim-1 = 3,48 ; Kaltim-2=1,545 dan Kaltim-3 = 2,613. Rasio tersebut menunjukkan indicator dari kinerja produksi bersih artinya nilai rasio yang lebih rendah menunjukkan tingkat efisiensi terhadap timbulan debu urea yang paling baik. Dalam hal pabrik Kaltim-2 memberikan kondisi yang paling baik terhadap penerapan produksi bersih.

4.3.2.1. UPT pabrik Kaltim-1

Pengolahan data dengan menggunakan program komputer POLYMATH ver.5 diperoleh:

- a) Hubungan putaran prill bucket dengan rate produksi ditunjukkan dalam persamaan 4.1.

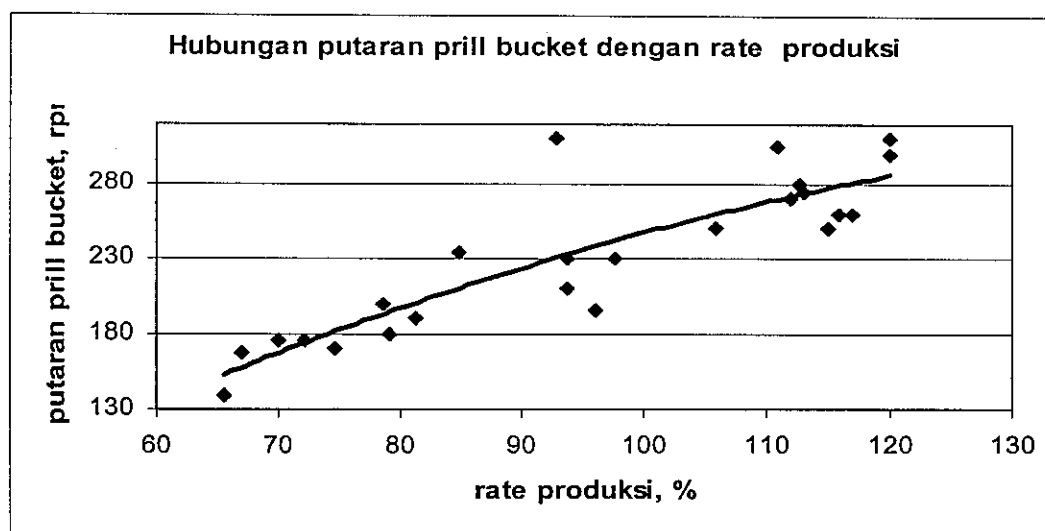
$$Z = -125,447 + 5,294X - 0,015X^2 \dots\dots\dots(4.1)$$

Persamaan berlaku pada harga X antara 65,5 sampai 120

dimana : Z adalah putaran prill bucket, rpm ; X adalah rate produksi , %

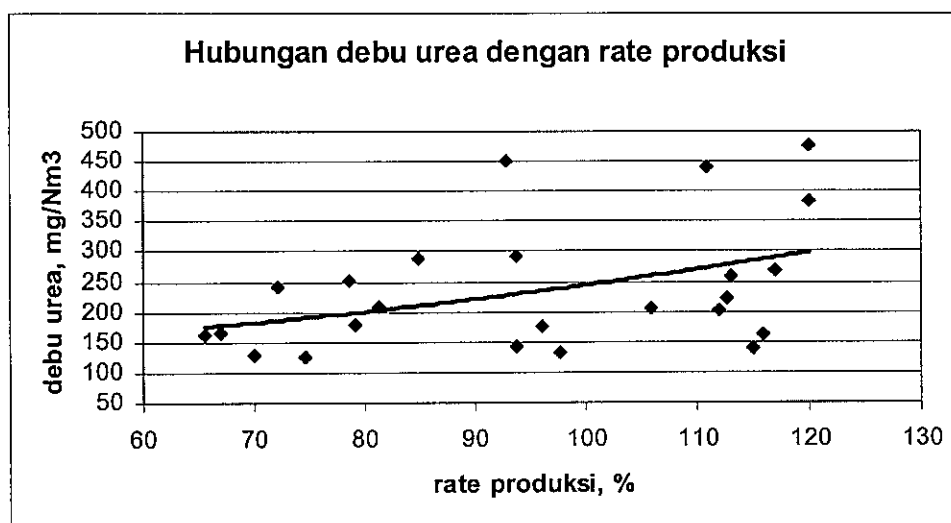
Mean atau rata-rata debu urea untuk pabrik Kaltim-1 = 237.84 mg/Nm³ , dengan konsentrasi debu tertinggi 477,6 mg/Nm³ dan terendah 126,84 mg/Nm³. Dari gambar 4.10. terlihat bahwa semakin tinggi rate produksi maka putaran prill juga naik. Hubungan tersebut

didekati dengan persamaan 4.1. Jika putaran prill bucket mengikuti gambar 4.10 dan persamaan 4.1. diharapkan debu urea yang keluar akan lebih terminimisasi dan terkendali.



Gambar 4.10. Hubungan rate produksi dengan putaran prill bucket UPT Kaltim-1

b) Hubungan debu urea dengan rate produksi



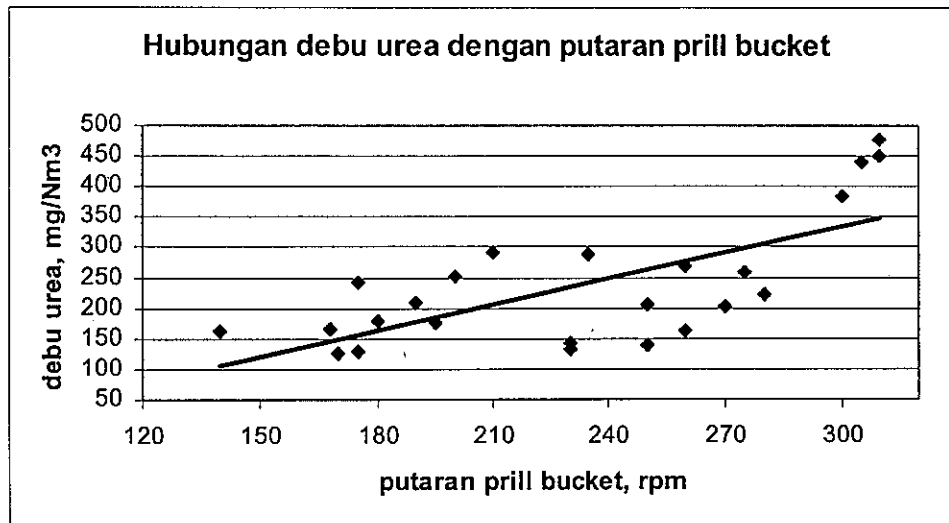
Gambar 4.11. Hubungan debu urea dengan rate produksi UPT Kaltim-1

Dari gambar 4.11. nampak bahwa distribusi data debu urea terhadap rate produksi menyebar, namun dari kecenderungan memiliki hubungan positif, dimana jika rate produksi naik maka debu urea juga naik. Jika kecenderungan didekati dengan persamaan linier diperoleh hasil seperti ditunjukkan dalam persamaan 4.2.

$$Y = 141,359 - 0,393X + 0,014X^2 \dots\dots\dots(4.2)$$

Persamaan berlaku pada harga X antara 65,5 sampai 120
dimana : Y adalah debu urea, mg/Nm^3 ; X adalah rate produksi , %

c) Hubungan debu urea dengan putaran prill bucket



Gambar 4.12. Hubungan debu urea dengan putaran prill bucket UPT Kaltim-1

Dari gambar 4.12. nampak bahwa hubungan debu urea dengan putaran prill bucket memiliki hubungan positif, dimana jika rate produksi naik maka debu urea juga naik. Jika kecenderungan didekati dengan persamaan linier diperoleh hasil seperti ditunjukkan persamaan 4.3.

$$Y = -90,919 + 1,416Z \dots\dots\dots(4.3)$$

Persamaan berlaku pada harga Z antara 140 sampai 310

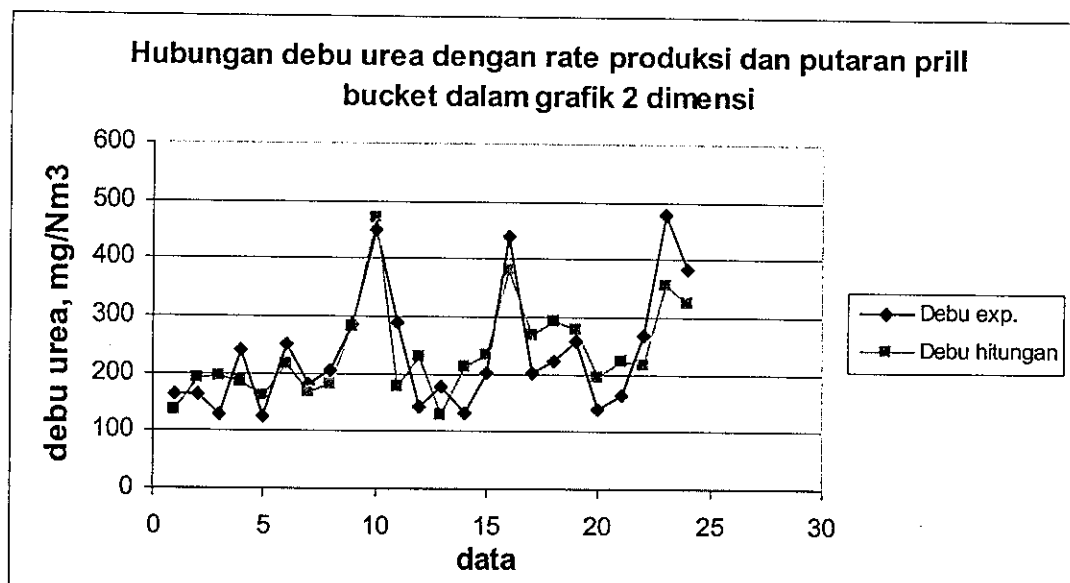
dimana : Y adalah debu urea, mg/Nm^3 ; Z adalah putaran prill bucket, rpm

d) Hubungan debu dengan putaran prill bucket dan rate produksi

$$Y = 287,737 - 10,33X^{0,853} + 0,124Z^{1,502} \dots\dots\dots(4.4)$$

Persamaan berlaku untuk harga X antara 65,5 sampai 120 dan Z antara 140 sampai 310

dimana : Y adalah debu urea, mg/Nm^3 ; X adalah rate produksi, % dan Z putaran prill bucket, rpm



Gambar 4.13. Grafik perhitungan debu urea UPT Kaltim-1

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa semakin tinggi rate produksi dan putaran prill bucket, maka jumlah debu urea juga meningkat. Gambar tersebut juga menunjukkan hasil perhitungan debu urea dengan menggunakan persamaan 4.4 diatas.

3.2.2. UPT pabrik Kaltim-2

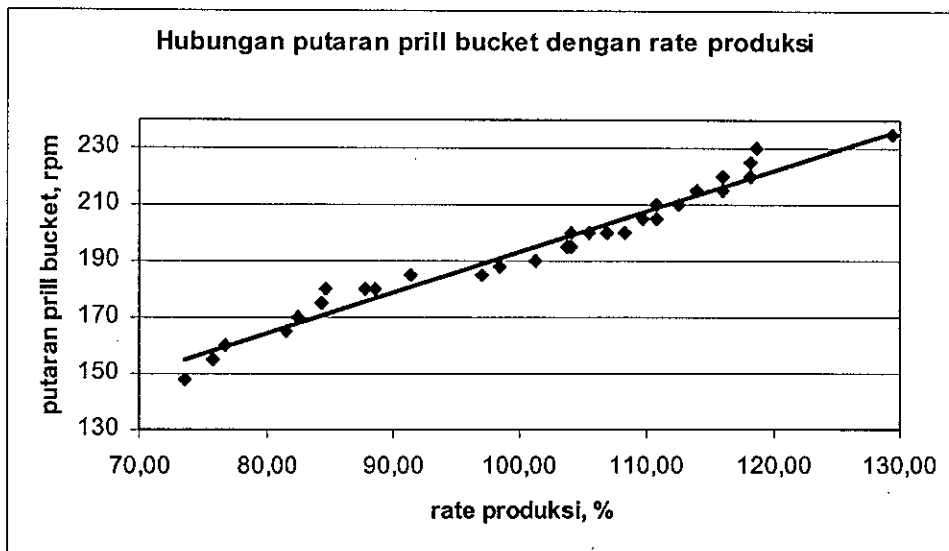
a. Hubungan putaran prill bucket dengan rate produksi

$$Z = 49,734 + 1,443X \dots\dots\dots(4.5)$$

Persamaan 4.5 berlaku untuk harga X antara 73,58 sampai 129,34

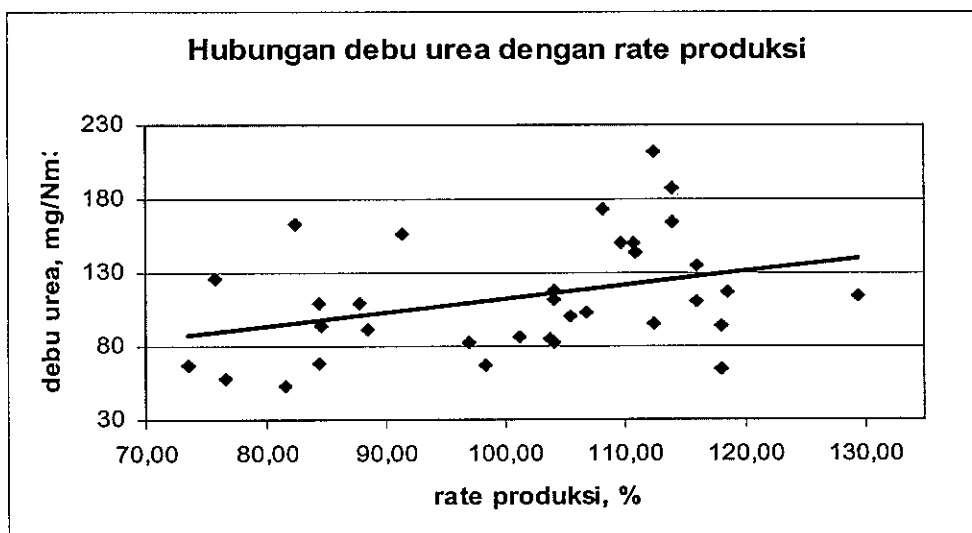
dimana : Z adalah debu urea, mg/Nm³ ; X adalah rate produksi , %

Mean atau rata-rata debu urea untuk pabrik Kaltim-2 = 112,79 mg/Nm³ udara, dengan konsentrasi debu tertinggi 211,7 mg/Nm³ dan terendah 53,71 mg/Nm³. Dari gambar 4.14 terlihat bahwa semakin tinggi rate produksi maka putaran prill bucket juga naik. Jika putaran prill bucket mengikuti persamaan 4.5 dan gambar 4.11. diharapkan debu urea yang keluar akan lebih terkendali.



Gambar 4.14. Hubungan rate produksi dengan putaran prill bucket UPT Kaltim-2

b) Hubungan debu urea dengan rate produksi



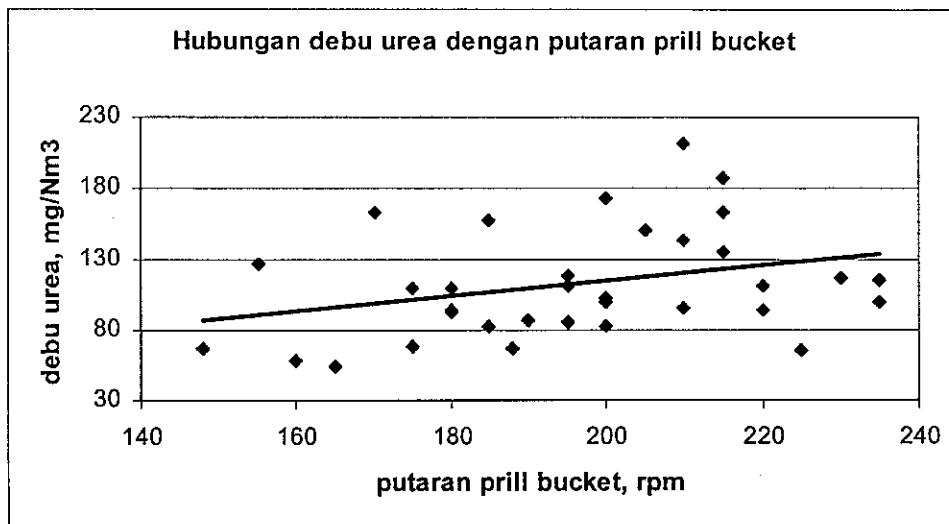
Gambar 4.15. Hubungan debu urea dengan rate produksi UPT Kaltim-2

Dari gambar 4.15. nampak bahwa distribusi data debu urea terhadap rate produksi menyebar, namun dari kecenderungan memiliki hubungan positif, dimana jika rate produksi naik maka debu urea juga naik. Jika kecenderungan didekati dengan persamaan linier diperoleh hasil seperti ditunjukkan persamaan 4.6.

$$Y = 32,718 + 0,785X \dots\dots\dots(4.6)$$

persamaan berlaku untuk harga X antara 73,58 sampai 129,34.
dimana : Y : debu urea, mg/Nm³ ; X : rate produksi, %

c) Hubungan debu urea dengan putaran prill bucket



Gambar 4.16. Hubungan debu urea dengan putaran prill bucket UPT Kaltim-2

Dari gambar 4.16. nampak bahwa distribusi data debu urea terhadap putaran prill bucket menyebar, namun dari kecenderungan memiliki hubungan positif, dimana jika putaran prill bucket naik maka debu urea juga naik. Jika kecenderungan didekati dengan persamaan linier diperoleh hasil seperti ditunjukkan persamaan 4.7.

$$Y = 7,086 + 0,537Z \dots\dots\dots(4.7)$$

persamaan berlaku untuk harga Z antara 148 sampai 235.

dimana : Y : debu urea, mg/Nm³ ; Z : putaran prill bucket, rpm

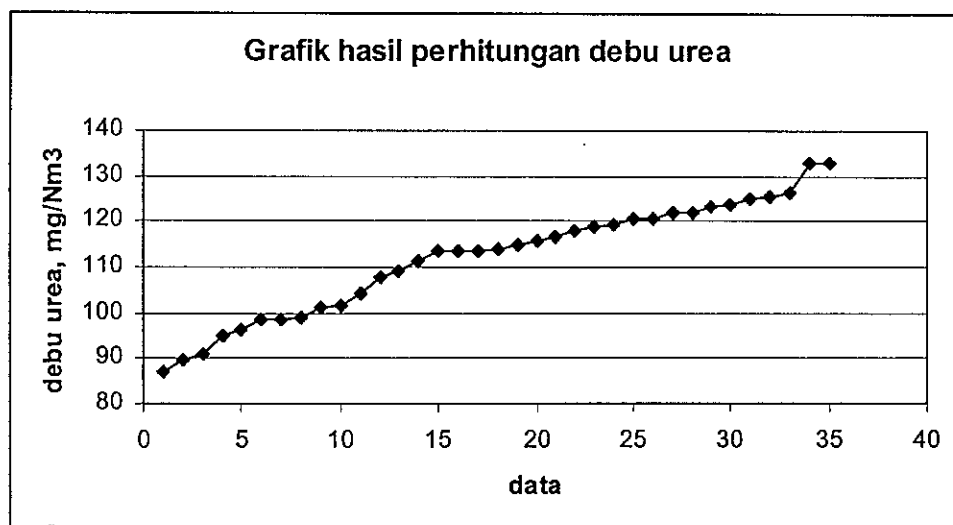
d) Hubungan debu urea dengan rate produksi dan putaran prill bucket.

$$Y = - 50,114 + 7,837X^{0,572} + 4,566Z^{0,461} \dots\dots\dots(4.8)$$

Persamaan berlaku untuk harga X antara 73,58 sampai 129,34 dan Z antara 148 sampai 235

dimana : Y adalah debu urea, mg/Nm³ ; X adalah rate produksi, % dan Z putaran prill bucket, rpm

Gambar 4.17. menunjukkan hubungan yang positif antara debu urea dengan putaran prill bucket dan rate produksi, bahwa semakin tinggi rate produksi dan putaran prill bucket, maka jumlah debu urea juga meningkat. Gambar dalam 2 dimensi tersebut juga menunjukkan hasil perhitungan debu urea dengan menggunakan persamaan 4.4 diatas.



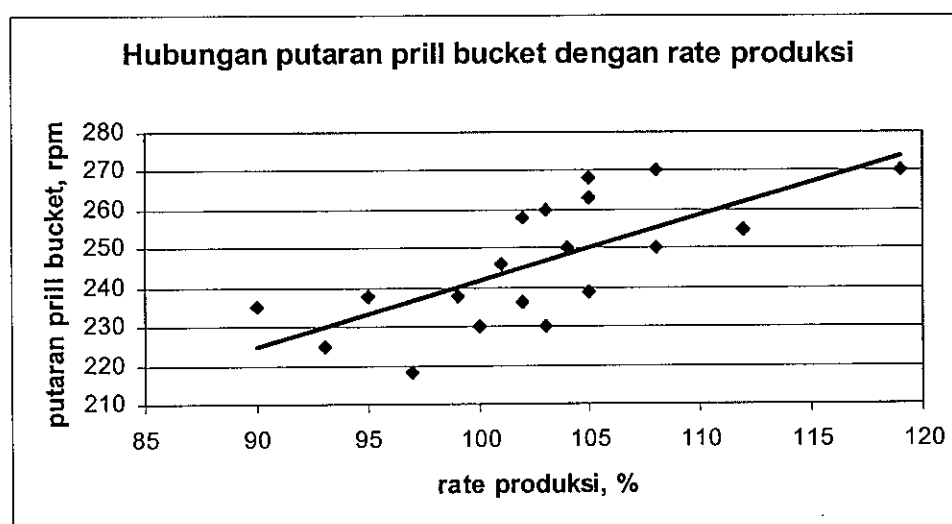
Gambar 4.17. Grafik perhitungan debu urea UPT Kaltim-2

3.2.3. UPT pabrik Kaltim-3

- a. Hubungan putaran prill bucket dengan rate produksi

$$Z = 74,17 + 1,676X \dots\dots\dots(4.9)$$

dimana : Z adalah putaran prill bucket, rpm ; X adalah rate produksi , %
persamaan berlaku pada harga X antara 90 sampai 119.



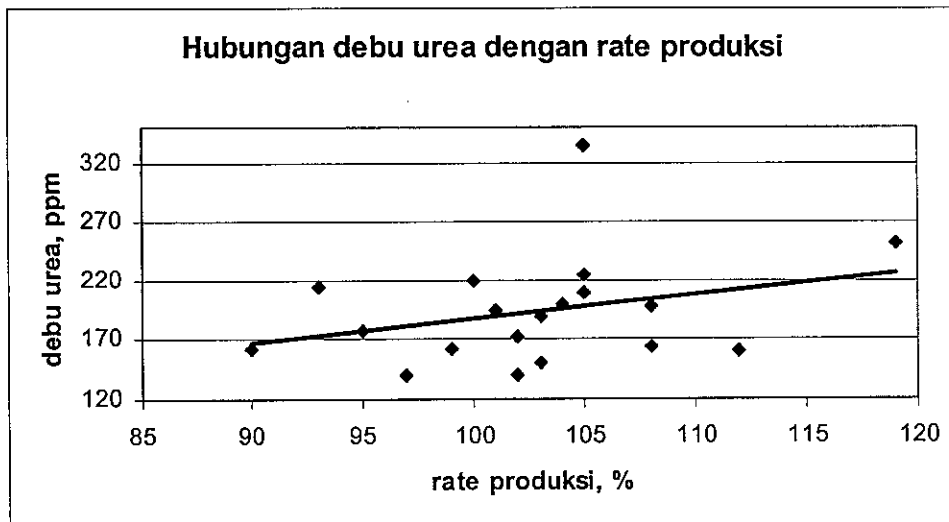
Gambar 4.18. Hubungan rate produksi dengan putaran prill bucket UPT Kaltim-3

Mean atau rata-rata debu urea untuk pabrik Kaltim-3 = $192,91 \text{ mg/Nm}^3$ udara, dengan konsentrasi debu tertinggi 334 mg/Nm^3 dan terendah $139,78 \text{ mg/Nm}^3$. Dari gambar 4.18 diatas terlihat bahwa hubungan putaran prill bucket dengan rate produksi positif, semakin tinggi rate produksi maka putaran prill juga naik. Jika putaran prill bucket mengikuti persamaan 4.9 dan gambar 4.18. diharapkan debu urea yang keluar akan lebih terkendali.

b. Hubungan debu urea dengan rate produksi

$$Y = -20,941 + 2,079X \dots\dots\dots(4.10)$$

dimana : Y : debu urea, mg/Nm^3 ; X : rate produksi, %
persamaan berlaku pada harga X antara 90 sampai 119



Gambar 4.19. Grafik perhitungan debu urea UPT Kaltim-3

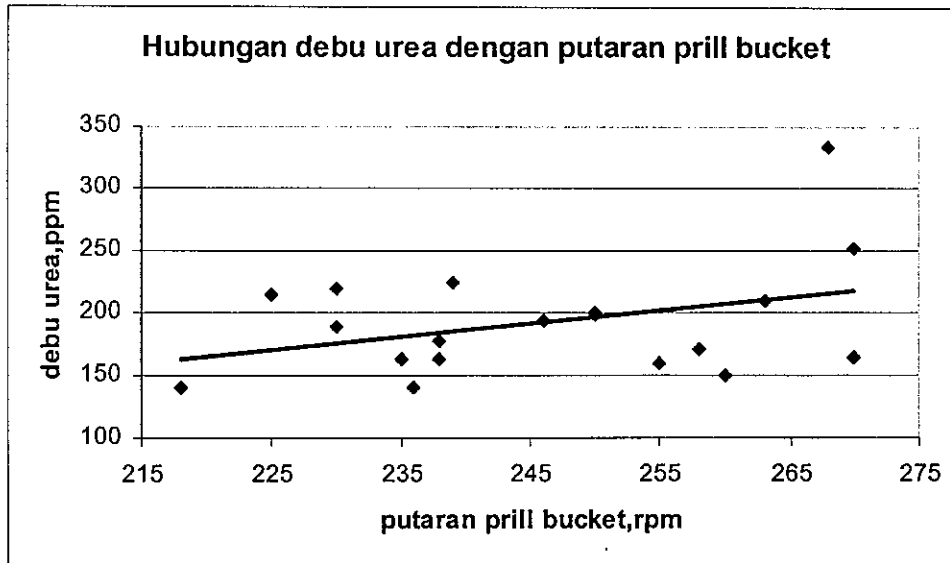
Dari gambar 4.19. nampak bahwa distribusi data debu urea terhadap rate produksi menyebar, namun dari kecenderungan memiliki hubungan positif, dimana jika rate produksi naik maka debu urea juga naik. Jika kecenderungan didekati dengan persamaan linier diperoleh hasil seperti persamaan 4.10.

c. Hubungan debu urea dengan putaran prill bucket

$$Y = -63,272 + 1,039Z \dots\dots\dots(4.11)$$

Persamaan berlaku untuk harga Z antara 218 sampai 270

dimana : Y : debu urea, mg/Nm^3 ; Z : putaran prill bucket, rpm



Gambar 4.20. Hubungan debu urea dengan putaran prill bucket UPT Kaltim-2

Dari gambar 4.20. nampak bahwa distribusi data debu urea terhadap putaran prill bucket menyebar, namun dari kecenderungan memiliki hubungan positif, dimana jika putaran prill bucket naik maka debu urea juga naik. Jika kecenderungan didekati dengan persamaan linier diperoleh seperti persamaan 4.11.

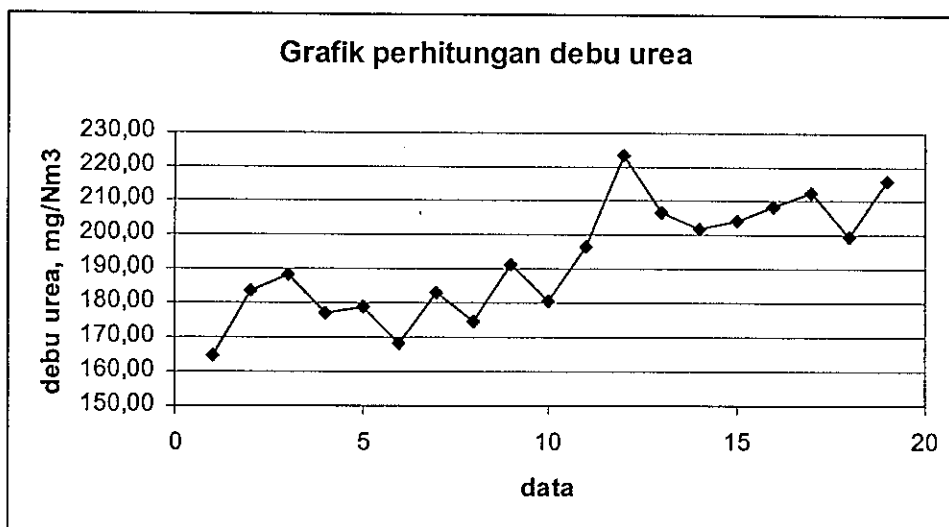
d. Hubungan debu urea dengan rate produksi dan putaran prill bucket.

$$Y = -70,38 - 0,374X^{01,106} + 0,674Z^{1,034} \dots\dots\dots(4.12)$$

Persamaan berlaku untuk harga X antara 90 sampai 119 dan Z antara 218 sampai 270

dimana : Y adalah debu urea, mg/Nm³ ; X adalah rate produksi,% dan Z putaran prill bucket, rpm

Gambar 4.21. menunjukkan hubungan yang positif antara debu urea dengan putaran prill bucket dan rate produksi, bahwa semakin tinggi rate produksi dan putaran prill bucket, maka jumlah debu urea juga meningkat. Gambar dalam 2 dimensi tersebut juga menunjukkan hasil perhitungan debu urea dengan menggunakan persamaan 4.12 diatas.



Gambar 4.21. Grafik perhitungan debu urea UPT Kaltim-2

Rekomendasi

Berdasarkan pengolahan data dan korelasi antara debu urea dengan rate produksi dan putaran prill bucket, maka untuk meminimisasi timbulan debu urea direkomendasikan untuk menjaga putaran prill bucket sesuai persamaan:

- $Z = -125,447 + 5,294X - 0,015X^2$, dengan harga X antara 65,5 sampai 120 dan harga Z antara 140 sampai 310 untuk pabrik Kaltim-1.
- $Z = 49,734 + 1,443X$, dengan harga X antara 73,58 sampai 129,34 dan harga Z antara 148 sampai 235 untuk pabrik Kaltim-2
- $Z = 74,17 + 1,676X$, dengan harga X antara 90 sampai 119 dan harga Z antara 218 sampai 270 untuk pabrik Kaltim-3

dimana : Z adalah putaran prill bucket, rpm dan X adalah rate produksi , %

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil simpulan sebagai berikut:

5.1.1. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap timbulan debu urea adalah:

a) Unit prilling tower pabrik Kaltim-1 dan Kaltim-3

Tidak dipasang alat penangkap debu urea, flow udara pendingin, flow dan jumlah urea dari *fluidized bed cooler (FBC)* sebagai urea seeding, dust cyclone kotor, rate produksi, putaran prill bucket, konsentrasi UFC di dalam urea prill, belum ada prosedur pengendalian, level urea di FBC dan kondisi lingkungan (hujan dan udara lembab).

b) Unit prilling tower pabrik Kaltim-2

Tidak dipasang alat penangkap debu urea, flow udara pendingin, flow dan jumlah urea seeding, rate produksi, putaran prill bucket, konsentrasi UFC di dalam urea prill, belum ada prosedur pengendalian, dan kondisi lingkungan (hujan dan udara lembab).

5.1.2. Unit prilling tower pabrik Kaltim-2 memberikan timbulan debu urea yang paling rendah, dikarenakan :

- a) Tidak menggunakan unit fluidisasi (*fluidized bed cooler*)
- b) Jumlah debu urea sebagai *urea seeding* paling rendah, yaitu 10,4 kg/jam
- c) Prilling tower paling tinggi, yaitu 80 meter.

5.2. Saran

Upaya minimisasi debu urea yang keluar dari *unit prilling tower* pabrik Kaltim-1, 2 dan 3 dapat dilakukan dengan cara:

5.2.1. Pabrik Kaltim-1

- a. Mengurangi laju alir udara pendingin *prilling tower*
- b. Mengurangi laju alir udara fluidisasi
- c. Menambah peralatan *chiller*

- d. Menjaga putaran prill bucket disesuaikan dengan rate produksi pada kisaran 65,5 sampai 120%.

5.2.2. Pabrik Kaltim-2

Menjaga putaran prill bucket disesuaikan dengan rate produksi pada kisaran 73,58 sampai 129,34%

5.2.3. Pabrik Kaltim-3

- a. Mengurangi laju alir udara pendingin *prilling tower*
- b. Mengurangi laju alir udara fluidisasi
- c. Mengurangi temperatur udara fluidisasi
- d. Menjaga putaran prill bucket disesuaikan dengan rate produksi pada kisaran 90 sampai 119%

Daftar pustaka:

- Anonim, "*Petunjuk Operasi Fluidizing System*", Bagian Operasi Urea-1, 1982
- Chang RY dan Matthew EN, "*Alat Peningkatan Mutu*", Jilid 1&2, PT Pustaka Binama Pressindo, Jakarta, 1999
- Davis ML dan Cornwell DA; "*Introduction To Environmental Engineering*"; second edition; McGraw-Hill, Inc, 1991.
- Gilbert T.E., dkk, "*Urea Finishing*", James Chemical Engineering, Greenwich, USA, 1985
- KEP-13/MENLH/3/1995
- Mukono, "*Pencemaran udara dan pengaruhnya terhadap gangguan saluran pernapasan*", Airlangga University Press, Surabaya, 1997
- Perry, Robert, and Don Green; "*Perry's chemical Engineers Handbook*"; 6 th ed; McGrawHill Book Comp, 1984.
- PT. Pupuk Kaltim, "*A Challenging Journey*", 2002
- Singgih Santoso, "*Mengatasi Berbagai Masalah Statistik dengan SPSS versi 11.5*", PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 2004
- Sumarno, "*Diktat Kuliah Metodologi Penelitian Lingkungan*", Program Studi Magister Lingkungan, Program Pasca Sarjana, Undip, 2003
- Stamicarbon Bv, "The Basic Engineering for PKT", Engineering-stamicarbon, the Netherlands, 1995
- The M.W. Kellogg Comp; "*Operating Instruction Manual*"; Vol II, 1984
- The M.W. Kellogg Comp; "*Process Flow Diagram (PFD)*", vol II, 1984
- The M.W. Kellogg Comp; "*Process and Instrumentation Diagram (P&ID)*". Vol. II, 1984
- Yu Chao, 1967, "*Urea Its Properties and Manufacture*", Chao's Institute, California.